প্রাথমিক ফিটিং শিক্ষা

[দ্বিতীয় খণ্ড]

শ্রীহেমন্তকুমার ভট্টাচার্য্য, বি. ই. ই.
অধ্যাপক, যাদবপুর পলিটেকনিক
প্রণীত

পরিবর্ত্তিত এবং পরিবর্দ্ধিত
চতুর্থ সংস্করণ



সংস্কৃত বুক ডিপো
২৮।১, কর্ণওয়ালিশ ষ্ট্রীট, কলিকাতা-৬

প্রথম সংস্করণ, ১৯৪৪
দ্বিতীয় সংস্করণ, ১৯৪৬
তৃতীয় সংস্করণ, ১৯৫২
চতুর্থ সংস্করণ, ১৯৫৮

প্রকাশক :
শ্রীসন্তোষকুমার ভট্টাচার্য্য, বি, এ, বি, টি,
১২।৮, ফার্ণ রোড, বালিগঞ্জ,
কলিকাতা-১৯

মুদ্রাকর :
শ্রীবীরেন্দ্রনাথ ভট্টাচার্য্য, বি-কম্
জানকীনাথ প্রিন্টিং হাউস
২৬, কর্ণওয়ালিশ ষ্ট্রীট,
কলিকাতা-৬

ব্লক শিল্পী :
রয়েল হাফটোন কোং
৪, সরকার বাই লেন,
কলিকাতা-৭

অঙ্কন শিল্পী .
শ্রীপ্রভাতকুমার কর্মকার
ও
শ্রীসচ্চিদানন্দ ইন্দ্র

দাম : চার টাকা

বিষয় সূচী—

তালিকা—



প্রাথমিক ফিটিং শিক্ষা

দ্বিতীয় খণ্ড

—ফিটিং বিভাগের সূক্ষ্ম যন্ত্রাদি—

মাইক্রোমিটার ক্যালিপার্স

(Micrometer Callipers)

সাধারণ ষ্টীল-রুলে সর্ব্বাপেক্ষা কম যে মাপ পাওয়া যায়, উহা এক ইঞ্চের চৌষট্টি ভাগের একভাগ ($\frac{1}{64}$ ইঞ্চ) মাত্র। কোন কোন রুলে ইহা অপেক্ষাও কম অর্থাৎ, এক ইঞ্চের একশত ভাগের একভাগ ($\frac{1}{100}$ ইঞ্চ) পর্য্যন্ত মাপ পাওয়া যায় সত্য, কিন্তু সূক্ষ্ম কাজের পক্ষে তাহাকেও পর্য্যাপ্ত বলা চলে না। কারণ, ফিটিং বিভাগে প্রায়ই যে সকল কাজ করা হয় উহাতে এক হাজার ভাগের একভাগ ($\frac{1}{1000}$ ইঞ্চ $=0·001$ ইঞ্চ) ক্রমের এমন কি কোন কোন ক্ষেত্রে এক ইঞ্চের দশ হাজার ভাগের একভাগ ($\frac{1}{10000}$ ইঞ্চ $=0·0001$ ইঞ্চ) ক্রমের মাপ পর্য্যন্ত ব্যবহার করার প্রয়োজন হইয়া থাকে। এই রকমের সূক্ষ্ম মাপ যে সকল যন্ত্রে পাওয়া যায়, উহাদের মধ্যে "মাইক্রোমিটার ক্যালিপার্স" একটি। সংক্ষেপে ইহাকে কেবল "মাইক্রোমিটার" বলা হইয়া থাকে।

সাধারণ ক্যালিপার্সের মত ইহা দ্বারাও বাহিরের এবং ভিতরের সমান্তর উপরিভাগের দূরত্ব মাপ করা যায়। কিন্তু, সাধারণ ক্যালিপার্সের বেলায় যেমন দূরত্ব মাপ করার পর ঐ মাপের পরিমাণ জানার জন্য আবার উহাকে ষ্টীল-রুলের উপর ধরিতে হয়, ইহার বেলায় আর তাহা করার প্রয়োজন হয় না। যন্ত্র হইতেই প্রত্যক্ষভাবে মাপ জানিতে পারা যায়।

বিভিন্ন মাপ লওয়া এবং বিভিন্ন স্থানে ব্যবহার করার উদ্দেশ্যে মাইক্রোমিটার নানারকম গঠন এবং মাপের হইয়া থাকে। যেমন—

(১) আউট-সাইড মাইক্রোমিটার (Outside Micrometer) —বাহিরের মাপ লওয়ার জন্য।

(২) ইন-সাইড মাইক্রোমিটার (Inside Micrometer)— ভিতরের মাপ লওয়ার জন্য।

(৩) স্ক্রু-থ্রেড মাইক্রোমিটার (Screw Thread Micrometer)—স্ক্রু-থ্রেডের পিচ্-ডায়মেটার মাপ করার জন্য।

(৪) ডেপথ্ গেজ মাইক্রোমিটার (Depth Gauge Micrometer)—ছিদ্র বা নালীর গভীরতা মাপ লওয়ার জন্য।

উপরের এই সকল যন্ত্রের মধ্যে যাহা 'ভার্নিয়ার' (Vernier) যুক্ত উহাদিগকে সাধারণভাবে "ভার্নিয়ার মাইক্রোমিটার" (Vernier Micrometer) বলে। ইহা হইতে এক ইঞ্চের দশ হাজার ভাগের একভাগ ক্রমের মাপ পাওয়া যায়।

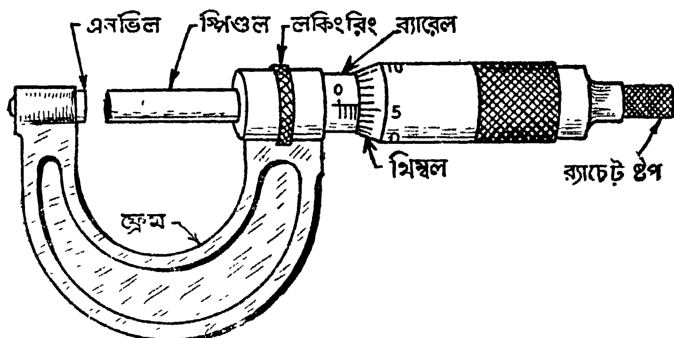
মাইক্রোমিটারের মাপ—প্রত্যেক মাইক্রোমিটারে (ইন-সাইড মাইক্রোমিটার ভিন্ন) কেবল এক ইঞ্চ স্থানেই সূক্ষ্ম মাপ পাওয়া সম্ভব হয়। এই এক ইঞ্চ স্থান শূন্য, এক, দুই, তিন, চার, ইত্যাদি যে কোন ১৯০ হইতে আরম্ভ হইতে পারে। যে মাইক্রোমিটার হইতে সর্ব্ব[illegible] বেশী যে মাপ পাওয়া যায় উহাই উহার মাপ। যেমন—শূন্য হইতে এক ইঞ্চ পর্য্যন্ত মাপ লওয়ার উপযোগী যে মাইক্রোমিটার উহা "ওয়ান-ইঞ্চ মাইক্রোমিটার"। এইভাবে, যে মাইক্রোমিটার দ্বারা এক ইঞ্চ হইতে দুই ইঞ্চ পর্য্যন্ত মাপ করা যায় উহাকে "টু-ইঞ্চ মাইক্রোমিটার" এবং যে মাইক্রোমিটার দ্বারা দুই ইঞ্চ হইতে তিন ইঞ্চ পর্য্যন্ত মাপ লওয়া যায় উহাকে "থ্রি-ইঞ্চ মাইক্রোমিটার" বলা হয়।

ইঞ্চের মাপের মত মিলিমিটার মাপেরও মাইক্রোমিটার আছে। উহাকে সাধারণভাবে "মিলিমিটার মাইক্রোমিটার" বলে।

আউট সাইড মাইক্রোমিটার

ইহা দ্বারা সমতল ধাতুখণ্ডের লম্বা, চওড়া, অথবা উচ্চতা মাপ এবং গোল রডের ডায়মেটার মাপ লওয়া যায়।

সাধারণতঃ যে রকমের আউট-সাইড মাইক্রোমিটার প্রায়ই ব্যবহৃত হয় উহার একটি ছবি নীচে এবং আর একটি ছবি উহারই ভিতর অংশ দেখাইয়া পরের পৃষ্ঠায় দেওয়া হইল।



ইহার প্রধান অংশ কয়টির নাম :—

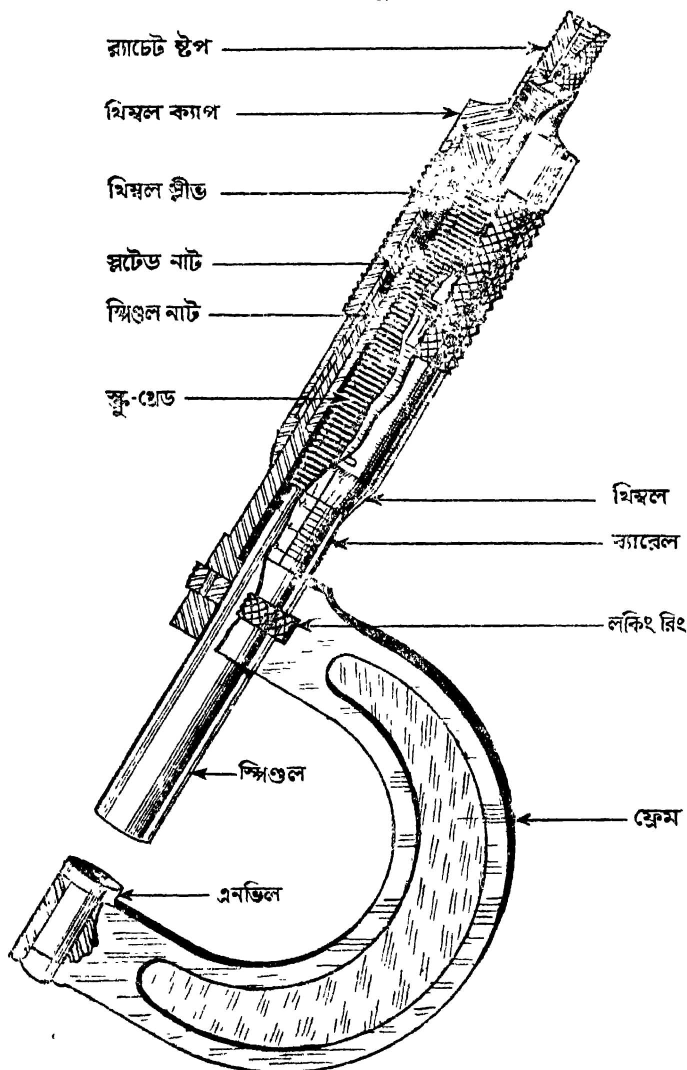
(১) ফ্রেম (Frame)—ইহা কাষ্ট ষ্টীল দ্বারা তৈয়ারী।

(২) এনভিল (Anvil)—শক্ত ষ্টীল দ্বারা তৈয়ারী। ইহার মুখটি সমতল করা। ফ্রেমের সহিত ইহা স্থায়ীভাবে আটকান।

(৩) স্পিণ্ডল (Spindle)—ইহাকে 'মেজারিং স্ক্রু' (Measuring Screw)-ও বলে। শক্ত ষ্টীল দ্বারা ইহা তৈয়ারী। ইহার মুখটিও এনভিলের মুখের মত সমতল করা। মূল অংশের উপর 'রাইট-হ্যাণ্ড' (Right hand) রকমের প্রতি ইঞ্চে চল্লিশটি করিয়া স্ক্রু-থ্রেড করা (40 threads per inch)। থিম্বলের সহিত ইহার একটি প্রান্ত স্থায়ীভাবে আটকান। ফলে, থিম্বলকে ঘুরাইলে ইহাও সঙ্গে সঙ্গে ঘোরে।

(৪) ব্যারেল (Barrel)—ইহার অপর নাম 'স্লীভ' (Sleeve) অথবা 'হাব' (Hub)। ফ্রেমের সহিত ইহা স্থায়ীভাবে আটকান। ইহার উপরিভাগে অক্ষের সহিত সমান্তর করিয়া একটি সোজা লাইন টানা আছে। এই লাইনটি থিম্বলের মাপকে নির্দ্দেশ করে বলিয়া ইহাকে "ইণ্ডেক্স লাইন" (Index line) বা 'ডেটাম লাইন' (Datum line) বলে। ইহার এক ইঞ্চ স্থান সমান চল্লিশটি ভাগে ভাগ করা এবং গণনার সুবিধার জন্য

প্রত্যেক চতুর্থ বিভাগটি 1, 2, 3, 4 ইত্যাদি ক্রমে অঙ্ক চিহ্ন দেওয়া। ব্যারেলের ভিতরের দিকে স্পিণ্ডলের থ্রেডের সহিত মিলাইয়া 'রাইট হ্যাণ্ড'



(Right hand) রকমের প্রতি ইঞ্চে চল্লিশটি করিয়া থ্রেড (40 threads per inch) আছে। ফলে, স্পিণ্ডল (প্রকারান্তরে, থিম্বল) পূর্ণ এক পাক ঘুরিলে উহার প্রান্ত ব্যারেলের ছোট একটি বিভাগকে অতিক্রম করে।

(৫) থিম্বল (Thimble)—ইহা ব্যারেলের উপর বসান নলের মত একটি আবরণ। ইহার একটি প্রান্ত স্পিণ্ডলের সহিত স্থায়ীভাবে আটকান। ফলে, ইহাকে ঘুরাইলে স্পিণ্ডলও সঙ্গে সঙ্গে ঘোরে। ইহার যে প্রান্তটি ব্যারেলের উপরে আছে উহা ঢালু করা (bevelled) এবং উহার পরিধি সমান পঁচিশভাগে ভাগ করা। গণনার সুবিধার জন্য এই বিভাগগুলির প্রত্যেক পঞ্চম বিভাগটি 5, 10, 15, 20, 0 অঙ্ক দ্বারা চিহ্নিত করা আছে। থিম্বল যখন ব্যারেলের উপর দিয়া সরে তখন ব্যারেলের নির্দ্দেশক লাইনটি (Index line) ইহার মাপ দেখায়।

(৬) লকিং রিং (Locking Ring)—ইহা স্পিণ্ডলের উপরে বসান। মাপ লওয়ার পর ইহাকে ঘুরাইলে স্পিণ্ডলের ঘুরিয়া যাওয়া বন্ধ হয়। ফলে, মাপ আর পরিবর্ত্তিত হইতে পারে না।

(৭) র‍্যাচেট ষ্টপ (Ratchet Stop)—স্পিণ্ডলকে ঘুরাইয়া যখন কোন ধাতুখণ্ডের মাপ লওয়া হয় তখন ইহা ঐ ধাতুখণ্ডের উপরিভাগে স্পিণ্ডলের মুখের চাপকে বেশী হইতে না দিয়া সর্ব্বদা একই রকম রাখে।

(৮) স্পিণ্ডল নাট (Spindle Nut)—এই নাটটি স্থির থাকে। ইহার ভিতরেও প্রতি ইঞ্চে চল্লিশটি করিয়া থ্রেড আছে। স্পিণ্ডলের সহিত ইহা প্রত্যক্ষভাবে যুক্ত করা। ইহার বাহিরের দিক ক্রমশঃ সরু (taper) করা এবং উপরেও স্ক্রু-থ্রেড করা। বাহিরের এই স্ক্রু-থ্রেড নিম্নলিখিত 'স্লটেড নাট'-এর সহিত মিলান।

(৯) স্লটেড নাট (Slotted Nut)—অর্থাৎ, নালীযুক্ত নাট। ইহা 'স্পিণ্ডল নাট'-এর সহিত মিল করান। যে থ্রেডের মাধ্যমে স্পিণ্ডল এবং উহার স্থির 'নাট'টি (Spindle Nut) যুক্ত করা থাকে ঐ থ্রেড যখন ক্ষয় হইয়া যায় তখন ইহার সাহায্যে ঐ স্থির 'নাট'-এর ভিতরের ডায়মেটারকে কমাইয়া উহা পূরণ করা হয়।

(১০) থিম্বল সীভ (Thimble Sleeve)

(১১) থিম্বল ক্যাপ (Thimble Cap)

মাইক্রোমিটারের নীতি—ইহা দেখা যায় যে, যখন কোন একটি নাটকে স্থির রাখিয়া উহার ভিতরে ঐ মাপের একটি বোল্টকে ঘুরান হয় তখন যে দিকে ঘুরান হয় ঐ অনুসারে ঐ বোল্ট সম্মুখদিকে অগ্রসর হয় অথবা পিছনদিকে সরিয়া আসে। থ্রেড যদি 'রাইট হ্যাণ্ড' রকমের হয়, তাহা হইলে ডানদিকে ঘুরাইলে বোল্ট সম্মুখদিকে অগ্রসর হয় এবং বামদিকে ঘুরাইলে উহা পিছনদিকে সরিয়া আসে। পূর্ণ এক পাক ঘুরাইলে বোল্ট কতটুকু অগ্রসর হইবে অথবা পিছাইয়া আসিবে তাহা নির্ভর করে ঐ বোল্টের উপরে বা নাটের ভিতরে থ্রেডের 'পিচ্'-এর উপর, অর্থাৎ প্রকারান্তরে থ্রেডে প্রতি ইঞ্চে কয়টি করিয়া থ্রেড আছে তাহার উপর।

মাইক্রোমিটারে 'ব্যারেল' অংশটি 'নাট'-এর এবং 'স্পিণ্ডল' অংশটি বোল্টের মত কাজ করে। ব্যারেল ফ্রেমের সহিত স্থায়ীভাবে আটকান বলিয়া উহা ঘুরিতে পারে না। সর্ব্বদা স্থির থাকে। এই ব্যারেলের ভিতরে এবং স্পিণ্ডলের উপরে 'রাইট হ্যাণ্ড' রকমের প্রতি ইঞ্চে চল্লিশটি করিয়া থ্রেড (অর্থাৎ, থ্রেডের পিচ্, $\frac{1}{40}$ ইঞ্চ $=0{\cdot}025$ ইঞ্চ) থাকায় স্পিণ্ডলকে ডানদিকে পূর্ণ এক পাক ঘুরাইলে উহা $\frac{1}{40}$ ইঞ্চ অগ্রসর হয়, অর্থাৎ, এনভিল এবং স্পিণ্ডলের মুখ দুইটির ব্যবধান $\frac{1}{40}$ ইঞ্চ কমে। আর, স্পিণ্ডলকে যদি বামদিকে এক পাক ঘুরান হয় তাহা হইলে উহা $\frac{1}{40}$ ইঞ্চ পিছাইয়া আসে। অর্থাৎ, এনভিল এবং স্পিণ্ডলের মুখ দুইটির ব্যবধান $\frac{1}{40}$ ইঞ্চ বাড়ে। এই ক্ষেত্রে লক্ষ্য করার বিষয় এই যে, স্পিণ্ডলকে কখনও প্রত্যক্ষভাবে ঘুরান হয় না। উহাকে থিম্বলের মারফতে ঘুরান হইয়া থাকে। স্পিণ্ডল এবং থিম্বল পরস্পর স্থায়ীভাবে আটকান বলিয়া থিম্বলকে ঘুরাইলে স্পিণ্ডলও সঙ্গে সঙ্গে ঘুরিয়া যায়। ঘুরিবার সময় থিম্বল ব্যারেলের উপর দিয়া যাতায়াত করে। ব্যারেলের উপরে এক ইঞ্চ লম্বা স্থান চল্লিশটি সমান ভাগে ভাগ করা বলিয়া উহার প্রত্যেকটি

ভাগ $\frac{1}{40}$ ইঞ্চ (অর্থাৎ 0·025 ইঞ্চ) মাপের এবং অঙ্ক চিহ্নিত প্রত্যেকটি ভাগ $\frac{1}{40} \times 4 = \frac{1}{10}$ ইঞ্চ (অর্থাৎ, 0·1 ইঞ্চ) মাপের হয়। থিম্বলকে পূর্ণ এক পাক ঘুরাইলে উহার প্রান্ত ব্যারেলের $\frac{1}{40}$ ইঞ্চ বিভাগের একটি লাইনকে (ছোট) এবং চার পাক ঘুরাইলে উহার 0·1 ইঞ্চ বিভাগের একটি লাইন (বড় এবং অঙ্ক চিহ্নিত)-কে অতিক্রম করে। অতএব, লাইনগুলি এই রকম বুঝায় :—

ব্যারেলের একটি ছোট লাইন $= \frac{1}{40}$ ইঞ্চ (অর্থাৎ, এক ইঞ্চের এক হাজার ভাগের পঁচিশ ভাগ)।

ব্যারেলের ছোট দুইটি লাইন একত্র $= \frac{1}{40} \times 2$ ইঞ্চ $= 0{\cdot}025 \times 2$ ইঞ্চ $= 0{\cdot}050$ ইঞ্চ (অর্থাৎ এক ইঞ্চের এক হাজার ভাগের পঞ্চাশ ভাগ)।

ব্যারেলের ছোট তিনটি লাইন একত্র $= \frac{1}{40} \times 3$ ইঞ্চ $= 0{\cdot}25 \times 3$ ইঞ্চ $= 0{\cdot}075$ ইঞ্চ (অর্থাৎ এক ইঞ্চের এক হাজার ভাগের পঁচাত্তর ভাগ)।

ব্যারেলের ছোট চারিটি লাইন একত্র, অর্থাৎ অঙ্ক চিহ্নিত প্রত্যেকটি বড় লাইন $= \frac{1}{40} \times 4 = \frac{1}{10}$ ইঞ্চ $= 0{\cdot}100$ ইঞ্চ (অর্থাৎ এক ইঞ্চের এক হাজার ভাগের একশত, অথবা এক ইঞ্চের দশভাগের এক ভাগ)।

ব্যারেলের 0 হইতে 1 চিহ্নিত লাইন পর্য্যন্ত দূরত্ব $= 1 \times \frac{1}{10}$ ইঞ্চ $= 0{\cdot}1$ ইঞ্চ
" 0 " 2 " " " " $= 2 \times \frac{1}{10}$ ইঞ্চ $= 0{\cdot}2$ ইঞ্চ
" 0 " 3 " " " " $= 3 \times \frac{1}{10}$ ইঞ্চ $= 0{\cdot}3$ ইঞ্চ
ইত্যাদি।

অর্থাৎ, থিম্বলের প্রান্তটি ব্যারেলের যত অঙ্ক চিহ্নিত লাইনকে অতিক্রম করে ঐ অঙ্কের বামদিকে দশমিক বিন্দু (decimal point) বসাইলে যাহা হয় তত ইঞ্চ মাপ বুঝায়।

ব্যারেলের উপরিভাগের যে মাপগুলি সম্পর্কে উপরে আলোচনা করা হইল উহা থিম্বলটিকে পূর্ণ এক পাক ক্রমে ঘুরাইয়া পাওয়া যায়। কিন্তু, ঐ একই নীতিতে থিম্বলকে যদি এক পাকের কম ঘুরান যায় তাহা হইলে উহা হইতে আরও সূক্ষ্ম মাপ পাওয়া সম্ভব হয়। এই সূক্ষ্মতর মাপ পাওয়ার উদ্দেশ্যেই ঢালু করা প্রান্তটি সমান পঁচিশ ভাগে ভাগ করা। যেহেতু, থিম্বলকে

পূর্ণ এক পাক ঘুরাইলে উহা ব্যারেলের উপর $\frac{1}{40}$ ইঞ্চ স্থান অতিক্রম করে সুতরাং উহাকে পূর্ণ এক পাকের পঁচিশ ভাগের এক ভাগ ঘুরাইলে উহা $\frac{1}{40} \div 25 = \frac{1}{1000}$ ইঞ্চ $= 0.001$ ইঞ্চ স্থান অতিক্রম করে। অর্থাৎ, স্পিণ্ডলের মুখ এক ইঞ্চের এক হাজার ভাগের একভাগ সরে। সুতরাং, থিম্বলের প্রান্তের প্রত্যেকটি লাইন এক ইঞ্চের এক হাজার ভাগের একভাগ ($= \frac{1}{1000}$ ইঞ্চ $= 0.001$ ইঞ্চ) মাপ বুঝায়। এই অনুসারে—

থিম্বলের তুইটি লাইন একত্র $= \frac{1}{1000} \times 2 = \cdot001 \times 2 = 00\cdot02$ ইঞ্চ।

„ চারিটি „ „ $= \frac{1}{1000} \times 4 = \cdot001 \times 4 = 0\cdot004$ ইঞ্চ।

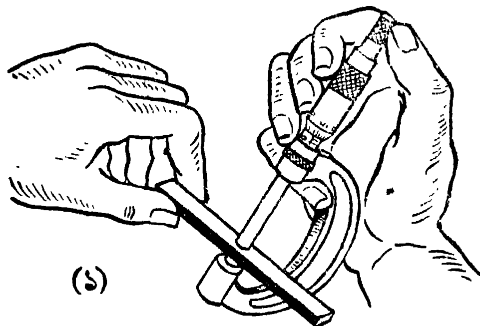
থিম্বলের পাঁচটি লাইন (5 চিহ্নিত) $= \frac{1}{1000} \times 5 = \cdot001 \times 5 = 0\cdot005$ ইঞ্চ।

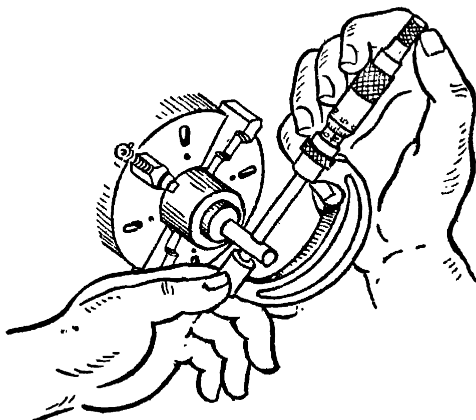
থিম্বলের দশটি লাইন (10 চিহ্নিত) $= \frac{1}{1000} \times 10 = \cdot001 \times 10 = \cdot01$ ইঞ্চ।

—ইত্যাদি, বুঝায়।

মাইক্রোমিটার দ্বারা মাপ লওয়া—ধাতুখণ্ডের যে অংশের মাপ লইতে হইবে উহার মাপ প্রথমে অনুমান কর। অনুমান করিতে অসুবিধা হইলে, সাধারণ একটি ষ্টীল-রুলের সাহায্য লও। এই মাপ অনুযায়ী উপযুক্ত মাপের একটি মাইক্রোমিটার লও। উদাহরণস্বরূপ মনে কর, খণ্ডটির মাপ মোটামুটিভাবে $1\frac{3}{4}$ ইঞ্চ। যেহেতু, ইহা এক ইঞ্চের বেশী, সুতরাং এক ইঞ্চ হইতে তুই ইঞ্চ পর্য্যন্ত মাপ লওয়ার উপযোগী যে মাইক্রোমিটার তাহা, অর্থাৎ "টু-ইঞ্চ মাইক্রোমিটার" এইক্ষেত্রে লইতে হইবে। এইভাবে উপযুক্ত মাপের মাইক্রোমিটার লওয়ার পর বাম হাতে উহার ফ্রেমকে ধর এবং ডানহাতে অঙ্গুলি দ্বারা থিম্বলকে ঘুরাইয়া এনভিল এবং স্পিণ্ডলের মুখ তুইটির ব্যবধানকে অনুমানে এত বড় কর যাহাতে ধাতুখণ্ডের অংশটি উহার মধ্যে অনায়াসে প্রবেশ করিতে পারে। এইস্থলে মনে রাখা প্রয়োজন যে, থিম্বলকে বামদিকে ঘুরাইলে ব্যবধান বাড়ে এবং ডানদিকে ঘুরাইলে উহা কমে। এখন, যে খণ্ডটিকে মাপিতে হইবে উহা যদি ছোট হয় এবং কোথায়ও আটকান না থাকে তাহা হইলে, মাইক্রোমিটারকে পরের পৃষ্ঠার (১) নং ছবির মত ধরিয়া উহাকে এনভিল এবং স্পিণ্ডলের মুখ তুইটির মধ্যে আন। আর, যদি খণ্ডটি ভারী বা বড় হয় অথবা ইহা কোথায়ও

আটকান থাকে তাহা হইলে (২) নং ছবির মত মাইক্রোমিটারকে ধর। থিম্বলকে এখন ডানদিকে ঘুরাইয়া স্পিণ্ডলের মুখকে এমনভাবে অগ্রসর করাও যাহাতে এনভিল এবং স্পিণ্ডলের মুখ দুইটি খণ্ডটিকে মাত্র স্পর্শ করে এবং কোন রকম চাপ না দেয়। এই-বার 'র‍্যাচেট'কে ঘুরাইয়া এই চাপকে নিয়মিত কর। (ছবিতে এই ঘুরান অবস্থা দেখান আছে)। যে মাইক্রোমিটারে 'র‍্যাচেট' ব্যবস্থা নাই উহাতে এই চাপ থিম্বলকে ঘুরাইবার কালে অনুভব দ্বারা বোঝা ভিন্ন কোন উপায় থাকে না। শেষে, থিম্বল যাহাতে কোন কারণে ঘুরিয়া গিয়া ভুল মাপ দেখাইতে না পারে এইজন্য, 'লকিং রিং'টিকে ডানদিকে ঘুরাও। ইহাতে মাপ আর পরিবর্ত্তিত হইতে পারিবে না। এখন, মাইক্রোমিটারটিকে ফ্রেম অংশে ধরিয়া সাবধানে এবং যত্নের সহিত খণ্ডটির উপরিভাগ হইতে বাহির করিয়া আন এবং মাপ পড়।


(১)


(২)

মাইক্রোমিটারে মাপ পড়া—ইহা দুই উপায়ে পারা যায়—

(১) দশমিকের (decimal) সাহায্যে।

(২) দশমিকের সাহায্য না লইয়া।

দুইটির সম্বন্ধেই নীচে পৃথকভাবে আলোচনা করা হইতেছে—

দশমিকের সাহায্যে মাপ পড়া

মাইক্রোমিটারের বিভিন্ন লাইনগুলি সম্পর্কে পূর্ব্বে যাহা বলা হইয়াছে উহা হইতে জানা যায় যে—

ব্যারেলের প্রত্যেকটি অঙ্ক চিহ্নিত লাইন = 0·1 ইঞ্চ।

ছোট লাইন = 0·025 ইঞ্চ।

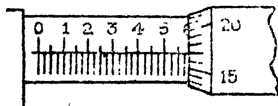
থিম্বলের প্রত্যেকটি ছোট লাইন = 0·001 ইঞ্চ।

থিম্বলের 5, 10 ইত্যাদি অঙ্ক চিহ্নিত লাইন যথাক্রমে = 0·005, 0·01 ইঞ্চ ইত্যাদি, বুঝায়।

এই অনুসারে লক্ষ্য কর যে, থিম্বলের প্রান্ত ব্যারেলের কোন অঙ্ক চিহ্নিত লাইনকে এবং উহার কয়টি ছোট লাইনকে অতিক্রম করিয়াছে। উপরন্তু, ইহার উপরের অক্ষ-সমান্তর অর্থাৎ 'নির্দ্দেশক' (Index) লাইনটি থিম্বলের কোন লাইনের সহিত ঠিক মিলিয়াছে। থিম্বলের লাইন যদি একেবারে ঠিক না মিলিয়া মিলিতে অর্দ্ধেকের কম ভাগ বাকী থাকে তাহা হইলে, উহা মোটামুটিভাবে মিলিয়াছে বলিয়া ধর। এখন, লাইনগুলি যে যে মাপ বুঝায় উহাদিগকে দশমিকের (decimal) যোগের নিয়মে যোগ কর। পরে, যত ইঞ্চ মাপের মাইক্রোমিটার দ্বারা এই মাপ লওয়া হইয়াছে উহা হইতে এক বিয়োগ করিলে যে ফল হয় উহাকে ঐ দশমিক যোগফলের বামদিকে পূর্ণসংখ্যারূপে বসাও।

উদাহরণ :—

(ক) একটি দুই ইঞ্চ মাপের মাইক্রোমিটারে পার্শ্বের ছবির মত মাপ দেখায়। ইহা কত তাহা পড়।



মাইক্রোমিটারটিতে দেখা যায় যে, ইহার থিম্বলের প্রান্ত ব্যারেলের 5 চিহ্নিত লাইনকে এবং উহার ছোট তিনটি লাইনকে অতিক্রম করিয়াছে এবং ব্যারেলের অক্ষ-সমান্তর অর্থাৎ 'নির্দ্দেশক' (Index) লাইনটি

থিম্বলের সতের সংখ্যক লাইনের সহিত মিলিয়াছে। সুতরাং, লাইনগুলি একত্র এই মাপ বুঝায়—

ব্যারেলের 5 চিহ্নিত লাইন $= 0{\cdot}1 \times 5 = 0{\cdot}5$

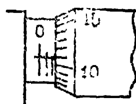
" ছোট তিনটি লাইন $= 0{\cdot}025 \times 3 = 0{\cdot}075$

থিম্বলের সতেরটি লাইন $= 0{\cdot}001 \times 17 = 0{\cdot}017$

যোগফল $= 0{\cdot}592$

যেহেতু, মাপটি দুই ইঞ্চ মাইক্রোমিটারে লওয়া হইয়াছে, সুতরাং দুই হইতে এক বিয়োগ করিলে যে এক ফল হয় উহাকে উপরের যোগফলের বামদিকে পূর্ণসংখ্যারূপে বসাইতে হইবে। ফলে, ইহা 1·592 ইঞ্চ হয়। ইহাই মাইক্রোমিটারটিতে দেখান মাপ।

(খ) একটি এক ইঞ্চ মাইক্রোমিটারে পার্শ্বের ছবির মত মাপ দেখায়। মাপটি কত তাহা পড়।



এইক্ষেত্রে দেখা যায় যে, থিম্বলের প্রান্ত ব্যারেলের কোন অঙ্ক চিহ্নিত লাইনকে অতিক্রম করে নাই। মাত্র ইহার দুইটি ছোট লাইনকে অতিক্রম করিয়াছে এবং ইহার অক্ষ-সমান্তর অর্থাৎ 'নির্দ্দেশক' (Index) লাইনটি থিম্বলের এগার সংখ্যক লাইনের সহিত মিলিয়াছে। সুতরাং, লাইনগুলি একত্র এই মাপ বুঝায়—

ব্যারেলের দুইটি ছোট লাইন $= 0{\cdot}025 \times 2 = 0{\cdot}05$

থিম্বলের এগারটি লাইন $= 0{\cdot}001 \times 11 = 0{\cdot}011$

যোগফল $= 0{\cdot}061$

যেহেতু মাপটি এক ইঞ্চ মাইক্রোমিটারে লওয়া হইয়াছে, সুতরাং এই এক হইতে এক বিয়োগ করিলে যে '0' (শূন্য) ফল হয় উহাকে উপরের যোগফলের দশমিক বিন্দুর বামদিকে পূর্ণসংখ্যা স্থানে বসাইতে হইবে। অর্থাৎ— যোগফলে দশমিক বিন্দুর বামদিকে যে শূন্য দেওয়া আছে উহাই থাকিয়া যাইবে। ঐখানে আর অন্য কোন সংখ্যা বসিবে না। অতএব, মাপটি 0·061 ইঞ্চ হয়। ইহাই মাইক্রোমিটারটিতে দেখান মাপ।

দশমিকের সাহায্য না লইয়া মাপ পড়া

পূর্ব্বে মাইক্রোমিটারের বিভিন্ন লাইন সম্পর্কে জানা গিয়াছে যে—

ব্যারেলের প্রত্যেকটি অঙ্ক চিহ্নিত লাইন = এক ইঞ্চের এক হাজার ভাগের একশত ভাগ।

ব্যারেলের প্রত্যেকটি ছোট লাইন = এক ইঞ্চের এক হাজার ভাগের পঁচিশ ভাগ।

এবং থিম্বলের প্রত্যেকটি লাইন = এক ইঞ্চের এক হাজার ভাগের এক ভাগ বুঝায়।

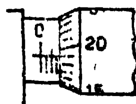
এই মাপগুলির "এক ইঞ্চের এক হাজার ভাগের···ভাগ" এই শব্দ কয়টিকে উহ্য রাখিলে উহা এই রকম দাঁড়ায়—

ব্যারেলের	প্রত্যেকটি	অঙ্ক চিহ্নিত লাইন	= একশত	= 100
„	„	ছোট লাইন	= পঁচিশ	= 25
থিম্বলের	„	লাইন	= এক	= 1

দশমিকের সাহায্য না লইয়া মাপ পড়িতে হইলে, ব্যারেল এবং থিম্বলের লাইনগুলি উপরের যে যে সংখ্যা প্রকাশ করে, উহাদিগকে প্রথমে সাধারণ নিয়মে যোগ করিয়া লইয়া পরে ঐ যোগফল সংখ্যার ডানদিক হইতে গণনা করিয়া তিনটি অঙ্কের বামে দশমিক বিন্দু বসাইতে হয়। শেষে, যে মাপের মাইক্রোমিটার দ্বারা মাপটি লওয়া হইয়াছে উহা হইতে এক বিয়োগ করিলে যে ফল হয় উহাকে ঐ দশমিক বিন্দুর বামদিকে পূর্ণসংখ্যারূপে বসাইতে হয়।

উদাহরণ ঃ—

(ক) একটি তিন ইঞ্চ মাপের মাইক্রোমিটারে পার্শ্বের ছবির মত দেখায়। ইহা কত তাহা পড়।



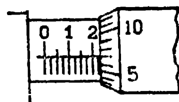
দেখা যায় যে, ইহাতে থিম্বলের প্রান্ত ব্যারেলের মাত্র তিনটি ছোট লাইনকে (কোন অঙ্ক চিহ্নিত লাইনকে নয়) অতিক্রম করিয়াছে এবং ইহার অক্ষ-সমান্তর অর্থাৎ

'নির্দ্দেশক' (Index) লাইনটি থিম্বলের উনিশ সংখ্যক লাইনটির সহিত মিলিয়াছে। সুতরাং, লাইনগুলি একত্র ইহা বুঝায়—

ব্যারেলের ছোট লাইন তিনটি	= 25 × 3	= 75
থিম্বলের উনিশটি লাইন	= 1 × 19	= 19
	যোগফল	= 94

এইখানে যোগফলে অঙ্ক মাত্র দুইটি। সুতরাং, তিনটি অঙ্কের বামে দশমিক বিন্দু বসাইবার উদ্দেশ্যে পূর্ব্বে একটি শূন্য বসাইয়া লইতে হইবে। ফলে, ইহা ·094 হয়। এখন, যেহেতু মাপটি তিন ইঞ্চ মাইক্রোমিটারে লওয়া হইয়াছে, এই কারণে তিন হইতে এক বিয়োগ করিলে যে দুই ফল হয় উহাকে ঐ দশমিক বিন্দুর বামদিকে পূর্ণসংখ্যা স্থানে বসাইতে হইবে। সুতরাং, ইহা 2·094 ইঞ্চ দাঁড়ায়। ইহাই মাইক্রোমিটারে দেখান মাপ।

(খ) একটি এক ইঞ্চ মাপের মাইক্রোমিটারে পার্শ্বের ছবির মত মাপ দেখাইলে, উহা কত হয় তাহা পড়।



দেখা যায় যে, ইহাতে থিম্বলের প্রান্ত ব্যারেলের 2 চিহ্নিত লাইনকে এবং উহার একটি ছোট লাইনকে অতিক্রম করিয়াছে। ইহা ভিন্ন, ব্যারেলের অক্ষ-সমান্তর অর্থাৎ 'নির্দ্দেশক' (Index) লাইনটি থিম্বলের সপ্তম লাইনটির সহিত মিলিয়াছে। সুতরাং, লাইনগুলি একত্র ইহা বুঝায়—

ব্যারেলের 2 চিহ্নিত লাইন	= 100 × 2	= 200
,, একটি ছোট লাইন	= 25 × 1	= 25
থিম্বলের সাতটি লাইন	= 1 × 7	= 7
	যোগফল	= 232

এইখানে যোগফলে তিনটি অঙ্ক আছে। ডানদিক হইতে গণিয়া তিনটি অঙ্কের বামে দশমিক বিন্দু বসাইলে উহা ·232 ইঞ্চ হয়। এখন, যেহেতু মাপটি এক ইঞ্চ মাইক্রোমিটার হইতে লওয়া হইয়াছে, সুতরাং, এক হইতে এক বিয়োগ করিলে যে শূন্য ফল হয় উহাকে দশমিক বিন্দুর বামদিকে

পূর্ণসংখ্যা স্থানে বসাইতে হইবে। ফলে, ইহা 0·232 ইঞ্চ দাঁড়ায়। ইহাই মাইক্রোমিটারটিতে দেখান মাপ।

মাইক্রোমিটারে মাপ তোলা—মাইক্রোমিটারে কেবল দশমিকযুক্ত মাপই তোলা যায় বলিয়া, মাপ কোথাও সাধারণ ভগ্নাংশে দেওয়া থাকিলে উহাকে প্রথমে দশমিক ভগ্নাংশে পরিণত করিয়া লওয়া প্রয়োজন। ইহা ভিন্ন, মাপটিকে কোন মাপের মাইক্রোমিটারে তুলিতে হইবে তাহাও প্রথমেই স্থির করিয়া লওয়া আবশ্যক। দেওয়া মাপে যদি পূর্ণসংখ্যা থাকিয়া থাকে তাহা হইলে, উহার সহিত 'এক' যোগ করিলে যত হয় তত ইঞ্চ মাইক্রোমিটারে মাপটিকে তুলিতে হইবে ইহা স্থির হয়। উপযুক্ত মাপের মাইক্রোমিটার লওয়ার পর উহাতে মাত্র দশমিক মাপটুকু তুলিলেই মাপ তোলার কাজ শেষ হয়। পূর্ণসংখ্যার জন্য আর পৃথকভাবে কিছু করার প্রয়োজন হয় না।

সুতরাং, যে মাপকে মাইক্রোমিটারে তুলিতে হইবে উহা যদি সাধারণ ভগ্নাংশে থাকে তাহা হইলে উহাকে প্রথমে দশমিক ভগ্নাংশে পরিণত কর এবং ইহার পূর্ণসংখ্যার সহিত এক যোগ করিলে যত হয় তত ইঞ্চ মাপের একটি মাইক্রোমিটার লও। লক্ষ্য কর যে, মাপটিতে দশমিক বিন্দুর ঠিক ডানদিকে কোন অঙ্কটি বর্ত্তমান এবং উহার ডানদিকে যাহা বাকী থাকিল উহাকে পঁচিশ দ্বারা ভাগ করিলে কত ভাগফল হয় এবং কত অবশিষ্ট থাকে। এখন, মাইক্রোমিটারের ফ্রেমটিকে বাম হাতে ধরিয়া ডান হাতে ধীরে ধীরে থিম্বলকে এমনভাবে ঘুরাও যাহাতে ইহার প্রান্তটি দশমিক বিন্দুর ঠিক ডানদিকের যে অঙ্ক ব্যারেলের উপরকার ঠিক ঐ অঙ্ক চিহ্নিত লাইনটির উপরে আসে এবং ইহার 0 চিহ্নিত লাইনটি ব্যারেলের অক্ষ-সমান্তর অর্থাৎ 'নির্দ্দেশক' (Index) লাইনটির সহিত মিলিয়া যায়। এখন, পূর্ব্বে যে ভাগফল বাহির হইয়াছে থিম্বলের প্রান্ত যাহাতে ব্যারেলের ঐ কয়টি ছোট লাইনকেও অতিক্রম করে এই উদ্দেশ্যে থিম্বলকে বামদিকে আরও ঘুরাও এবং পূর্ব্বের মত উহার 0 চিহ্নিত লাইনকে ব্যারেলের অক্ষ-সমান্তর (Index) লাইনটির সহিত মিল করিয়া রাখ। এইবার, পূর্ব্বে যে

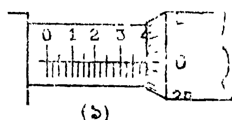
ভাগাবশিষ্ট পাওয়া গিয়াছে থিম্বলের ঐ কয়টি লাইন যাহাতে ব্যারেলের অক্ষ-সমান্তর লাইনটিকে অতিক্রম করে এইভাবে থিম্বলকে বামদিকে আরও ঘুরাও। লক্ষ্য রাখ যে, শেষের লাইনটি ব্যারেলের অক্ষ সমান্তর লাইনটির সহিত যেন ঠিক মিলে। ইহাতেই মাপ লওয়ার কাজ শেষ হইল। এখন, থিম্বল যাহাতে আর ঘুরিয়া না যায় এইজন্য 'লকিং রিং'টিকে ডানদিকে ঘুরাইয়া আটকাও।

উদাহরণ ঃ—

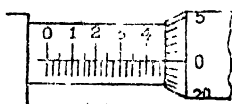
(ক) মাইক্রোমিটারে 0·486 ইঞ্চ মাপ তোল।

যেহেতু, এইক্ষেত্রে মাপটিতে পূর্ণসংখ্যা স্থানে শূন্য আছে এবং ইহার সহিত 'এক' যোগ করিলেও যোগফল 'এক' হয় সুতরাং, মাপটি এক ইঞ্চ মাপের মাইক্রোমিটারে তুলিতে হইবে ইহা স্থির হইল।

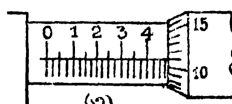
এখন দেখা যায় যে, দেওয়া মাপটিতে দশমিক বিন্দুর ঠিক ডানদিকে 4 এই অঙ্কটি আছে এবং ইহাকে লইলে ইহার ডানদিকে 86 সংখ্যা বাকী থাকে। এই 86-কে (ছিয়াশীকে) পঁচিশ দ্বারা ভাগ করিলে তিন ভাগফল হয় এবং এগার অবশিষ্ট থাকে। সুতরাং, এক ইঞ্চ মাপের একটি মাইক্রোমিটার লইয়া উহাকে বাম হাতে ফ্রেম অংশে ধর এবং ডান হাতে উহার থিম্বলকে এমনভাবে ঘুরাও যাহাতে ইহার প্রান্তটি ব্যারেলের ঐ 4 চিহ্নিত লাইনটির ঠিক উপরে আসে এবং থিম্বলের 0 চিহ্নিত লাইনটি ব্যারেলের অক্ষ-সমান্তর অর্থাৎ 'নির্দ্দেশক' (Index) লাইনটির সহিত ঠিক মিলে (যেমন, ছবিতে—১নং)।



(১)



(২)



(৩)

এইবার, যেহেতু ভাগফল তিন বাহির হইয়াছে এই কারণে থিম্বলকে আরও বামদিকে ঘুরাইয়া উহার প্রান্তকে ব্যারেলের ছোট তিনটি লাইনকে অতিক্রম করাও এবং থিম্বলের 0 চিহ্নিত লাইনটিকে পূর্ব্বের মত ব্যারেলের অক্ষ-সমান্তর অর্থাৎ 'নির্দ্দেশক' লাইনটির সহিত মিল করিয়া রাখ (যেমন, ছবিতে—২নং)।

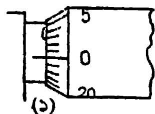
শেষে, যেহেতু পূর্ব্বে ভাগাবশিষ্ট এগার বাহির হইয়াছে, এইজন্য থিম্বলকে আরও বামদিকে এমনভাবে ঘুরাও যাহাতে উহার এগার সংখ্যক লাইনটি ব্যারেলের অক্ষ-সমান্তর লাইনটির সহিত ঠিক মিলিয়া যায় (যেমন, ছবিতে—৩ নং)।

ইহা দ্বারাই মাপ তোলার কাজ শেষ হইল। এখন, থিম্বল যাহাতে ঘুরিয়া গিয়া ভুল মাপ না দেখায় এইজন্য 'লকিং রিং'টিকে ডানদিকে ঘুরাইয়া আটকাও।

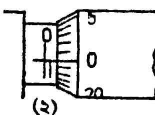
(খ) মাইক্রোমিটারে 1·064 ইঞ্চ মাপ তোল।

এইক্ষেত্রে দেখা যায় যে, মাপটিতে পূর্ণসংখ্যা স্থানে 1 আছে এবং ইহার সহিত 'এক' যোগ করিলে যোগফল দুই হয়। সুতরাং মাপটিকে দুই ইঞ্চ মাপের মাইক্রোমিটারে তুলিতে হইবে ইহা স্থির হইল।

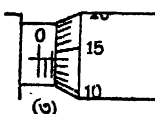
এখন, মাপটিতে দশমিক বিন্দুর ঠিক ডানদিকে শূন্য আছে বলিয়া এইক্ষেত্রে আর ব্যারেলের কোন অঙ্ক চিহ্নিত লাইনকে অতিক্রম করাইতে হইবে না। সুতরাং, থিম্বলকে ঘুরাইয়া উহার প্রান্তকে ব্যারেলের 0 চিহ্নিত লাইনের উপরে এমনভাবে রাখ, যাহাতে থিম্বলের 0 চিহ্নিত লাইটি ব্যারেলের অক্ষ-সমান্তর অর্থাৎ 'নির্দ্দেশক' (Index) লাইনটির সহিত ঠিক মিলিয়া যায়। (যেমন ছবিতে—১ নং)।



(১)



(২)



(৩)

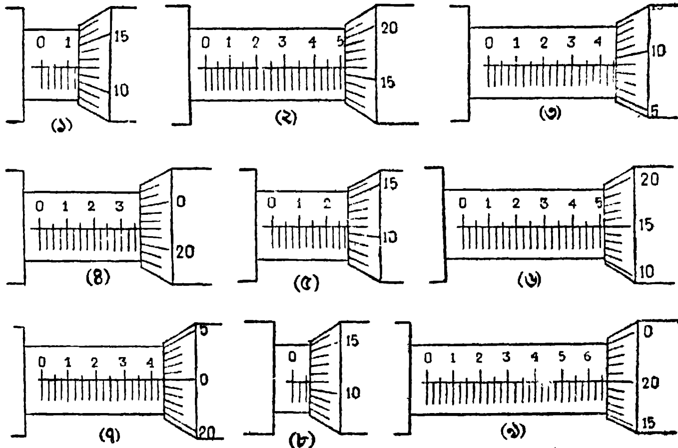
এইবার, যেহেতু মাপটিতে দশমিক বিন্দুর পরের অঙ্ককে (অর্থাৎ শূন্যকে) লইলে ডানদিকে 64 সংখ্যা বাকী থাকে এবং এই 64কে (চৌষট্টিকে) পঁচিশ দ্বারা ভাগ করিলে দুই ভাগফল হয় এবং চৌদ্দ অবশিষ্ট থাকে, সুতরাং থিম্বলকে বামদিকে ঘুরাইয়া ব্যারেলের ছোট দুইটি লাইনকে এমনভাবে অতিক্রম করাও যাহাতে থিম্বলের 0 চিহ্নিত লাইনটি ব্যারেলের অক্ষ-সমান্তর অর্থাৎ 'নির্দ্দেশক' (Index) লাইনটির সহিত ঠিক মিলিয়া যায় (যেমন ছবিতে—২নং)।

শেষে, যেহেতু ভাগাবশিষ্ট চৌদ্দ পাওয়া গিয়াছে, অতএব থিম্বলকে আরও বামদিকে ঘুরাইয়া উহার চৌদ্দ সংখ্যক লাইনটিকে ব্যারেলের অক্ষ-সমান্তর লাইনটির সহিত মিল কর (যেমন ছবিতে—৩ নং)।

ইহা দ্বারাই মাপ তোলার কাজ শেষ হইল। এখন, 'লক রিং'টিকে ডানদিকে ঘুরাইয়া আটকাইয়া লও।

অনুশীলনী (নং ১) :—

১। নীচে মাইক্রোমিটারের কয়েকটি ছবি দেওয়া আছে। উহাতে যে যে মাপ দেখাইতেছে তাহা পড়।



যে মাপের মাইক্রোমিটারে মাপগুলি তোলা হইয়াছে তাহা এই—

(১)	এক ইঞ্চ মাইক্রোমিটার।	(৬)	দুই ইঞ্চ মাইক্রোমিটার।
(২)	দুই " "	(৭)	চার " "
(৩)	তিন " "	(৮)	এক " "
(৪)	এক " "	(৯)	দুই " "
(৫)	তিন " "		

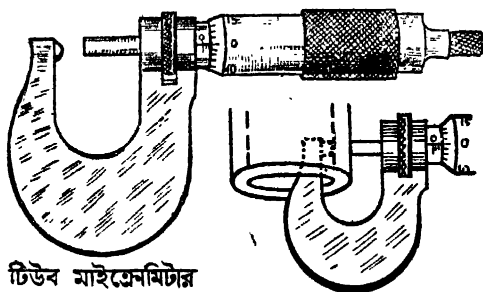
২। ইঞ্চের নিম্নলিখিত মাপগুলি মাইক্রোমিটারে তোল

0·126 ; 0·218 ; 1·813 ; $\frac{53}{64}$; $2\frac{31}{32}$; 0·073 ; 1·106 ; $1\frac{1}{2}$; 1·189 ; 3·165.

অন্য রকম আউট-সাইড মাইক্রোমিটার

পূর্ব্বেই বলা হইয়াছে যে, বিভিন্ন কাজের জন্য বিভিন্ন রকম মাইক্রোমিটার ব্যবহার করা হইয়া থাকে। নীচে দুইটি বিশেষ রকম মাইক্রোমিটারের ছবি দেওয়া হইল—

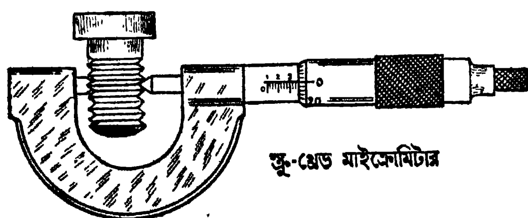
(১) **টিউব মাইক্রোমিটার (Tube Micrometer)**—ইহার সাহায্যে নলের পুরু মাপ বাহির করা হয়। সাধারণ আউট-সাইড মাইক্রোমিটারের সহিত ইহার পার্থক্য এই যে, ইহার 'এনভিল' বলের মত গোল করা। অন্য সকল একই রকম।



টিউব মাইক্রোমিটার

'টিউব মাইক্রোমিটার'-এর এবং উহা কিভাবে ব্যবহার করিতে হয় তাহার উদাহরণ উপরে ছবিতে দেখান হইল।

(২) **স্ক্রু-থ্রেড মাইক্রোমিটার— (Screw Thread Micrometer)**—ইহার সাহায্যে স্ক্রু-থ্রেডের পিচ্ ডায়মেটার (=থ্রেডের বাহিরের ডায়মেটার—থ্রেডের এক দিকের গভীরতা) মাপ করা হয়। ইহার 'এনভিল' V আকারের খাঁজযুক্ত এবং স্পিণ্ডলের মুখ উহার সহিত মিল করা।



স্ক্রু-থ্রেড মাইক্রোমিটার

ইন-সাইড-মাইক্রোমিটার (**Inside Micrometer**)

ইহার সাহায্যে ছিদ্রের ডায়মেটার, নালীর প্রশস্ততা, ইত্যাদি মাপ করা হয়। 'আউট-সাইড' মাইক্রোমিটারের তুলনায় 'ইন-সাইড' মাইক্রোমিটারের গঠন সম্পূর্ণ অন্য রকম। যে রকমের 'ইন-সাইড' মাইক্রোমিটার সাধারণতঃ ব্যবহৃত হয় তাহার ছবি নীচে দেওয়া হইল। ইহা দ্বারা দুইটি প্রান্তের (ছবিতে

ইন-সাইড মাইক্রোমিটার

P এবং Q চিহ্নিত) দূরত্ব মাপ করা হইয়া থাকে। 'আউট-সাইড' মাইক্রোমিটারের মত ইহারও ব্যারেলের উপরে প্রত্যেকটি ভাগ $\frac{1}{40}$ ইঞ্চ মাপের; তবে, পার্থক্য এই যে, 'আউড-সাইড' মাইক্রোমিটারে এক ইঞ্চ স্থান চল্লিশটি সমানভাগে ভাগ করা থাকে। কিন্তু, 'ইন-সাইড' মাইক্রোমিটারে উহার পরিবর্ত্তে মাত্র অর্দ্ধ ইঞ্চ স্থান এবং কুড়িটি সমান ভাগে ভাগ করা থাকে। ফলে, ভাগের মাপ 'আউট-সাইড' মাইক্রোমিটারের মতই হয়। ইহার ব্যারেলের প্রত্যেক চতুর্থ ভাগটি 1 হইতে 5 পর্য্যন্ত অঙ্ক চিহ্ন দেওয়া। থিম্বলের ভাগ এবং অঙ্ক চিহ্ন সকলই 'অউট-সাইড' মাইক্রোমিটারের মত। থিম্বলকে ঘুরাইলে উহার প্রান্ত ব্যারেলের উপর দিয়া মাত্র অর্দ্ধ ইঞ্চ স্থান সরে। থিম্বলের 0 চিহ্নিত লাইন যখন ব্যারেলের 0 চিহ্নিত লাইনের সহিত ঠিক মিলিয়া যায় তখন মাইক্রোমিটারটির দুইটি প্রান্তের (অর্থাৎ P

এবং Q-এর) দূরত্ব ঠিক দুই ইঞ্চ হয়। ফলে, মাইক্রোমিটারটি দ্বারা দুই ইঞ্চের কম কোন ছিদ্রকে মাপ করা সম্ভব হয় না। দুই ইঞ্চ হইতে কম মাপের জন্য (২২নং পৃষ্ঠায় বর্ণিত) অন্য রকম মাইক্রোমিটার ব্যবহার করিতে হয়।

যে রকম 'ইন-সাইড' মাইক্রোমিটার সম্পর্কে এখানে আলোচনা করা হইতেছে উহা দ্বারা দুই হইতে আড়াই ইঞ্চ পর্য্যন্ত মাপ এক হাজার ভাগের এক ভাগ ক্রমে সকল সময়ই পাওয়া যায়। কিন্তু, যখন আড়াই ইঞ্চ হইতে বেশী কোন মাপ ঐ এক হাজার ভাগের এক ভাগ ক্রমেই লওয়ার প্রয়োজন হয় তখন কয়েকটি খণ্ডকে আবশ্যক মত যোগ করিয়া লইতে হয়। এই খণ্ডগুলির মধ্যে একটি খণ্ড (ছবিতে U চিহ্নিত) ঠিক $\frac{1}{2}$ ইঞ্চ লম্বা মাপের। ইহাকে 'এক্সটেনশন পিস' (Extension Piece) বলে। ইহা যোগ করিয়া আড়াই ইঞ্চের বেশী যে কোন অর্দ্ধ হইতে পূর্ণ ইঞ্চের মাপ করা যায়। ইহা ভিন্ন, এক ইঞ্চ, দুই ইঞ্চ, তিন ইঞ্চ, চার ইঞ্চ, ইত্যাদি বিভিন্ন মাপের বড় জাতীয় আরও কয়েকটি খণ্ডও (যেমন ছবিতে V চিহ্নিত) প্রয়োজন ক্ষেত্রে ব্যবহার করা হইয়া থাকে। এই খণ্ডগুলিকে 'এক্সটেনশন রড' (Extension Rod) বলে। এই 'রড' গুলির মধ্যে যেটিকে যোগ করিলে যত হইতে যত পর্য্যন্ত মাপ লওয়া যাইতে পারে উহা রডের উপর, তিন হইতে চার, চার হইতে পাঁচ, পাঁচ হইতে ছয়, ছয় হইতে সাত, ইত্যাদি ক্রমে লেখা থাকে।

দুই ইঞ্চের বেশী বিভিন্ন মাপ এই রকমে বাহির করা হয়—

2 হইতে $2\frac{1}{2}$ ইঞ্চ মাপ—বিনা 'এক্সটেনশন রড' বা 'এক্সটেনশন পিস' যোগে।

2 " 3 " " —$\frac{1}{2}$ ইঞ্চ মাপের 'এক্সটেনশন পিস' যোগে।

3 " $3\frac{1}{2}$ " " —3-4 চিহ্নিত 'এক্সটেনশন রড' যোগে।

$3\frac{1}{2}$ " 4 " " —3-4 চিহ্নিত 'এক্সটেনশন রড' এবং $\frac{1}{2}$ ইঞ্চ মাপের 'এক্সটেনশন পিস' যোগে।

$4\frac{1}{2}$ " 6 " " —4-5 চিহ্নিত 'এক্সটেনশন রড' এবং $\frac{1}{2}$ ইঞ্চ মাপের 'এক্সটেনশন পিস' যোগে।

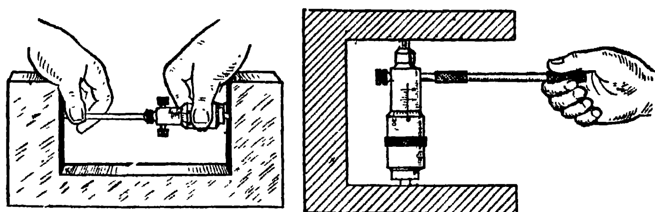
ইত্যাদি—

মাইক্রোমিটারটির R চিহ্নিত অংশটিকে বাহির করিয়া ফেলা যায়। উপর-দিকে টানিলেই ইহা বাহির হইয়া আসে। যেখানে কেবল $\frac{1}{2}$ ইঞ্চ মাপের 'এক্সটেনশন পিস'টিকে (U চিহ্নিত) যোগ করার প্রয়োজন হয়, সেখানে R চিহ্নিত অংশটিকে বাহির করিয়া লইয়া প্রথমে 'এক্সটেনশন পিস'টিকে রাখিতে হয় এবং পরে উহার উপরে R চিহ্নিত অংশকে বসাইতে হয়। আর, যেখানে কেবল 'এক্সটেনশন রড' যোগ করার প্রয়োজন হয় সেখানে R অংশকে সম্পূর্ণ সরাইয়া ফেলিয়া ঐস্থানে রডটিকে বসাইতে হয়। ইহা ভিন্ন, যেখানে 'এক্সটেনশন রড' এবং 'এক্সটেনশন পিস' উভয়কেই যোগ করার প্রয়োজন হয়, সেখানে R অংশের স্থানে প্রথমে 'এক্সটেনশন পিস'টিকে রাখিয়া লইয়া পরে উহার উপরে 'এক্সটেনশন রড'টিকে বসাইতে হয়।

মাইক্রোমিটারটিতে—

S = সেট-স্ক্রু (Set Screw)। ইহা R অংশকে এবং 'এক্সটেনশন রড'কে আটকাইয়া রাখে।

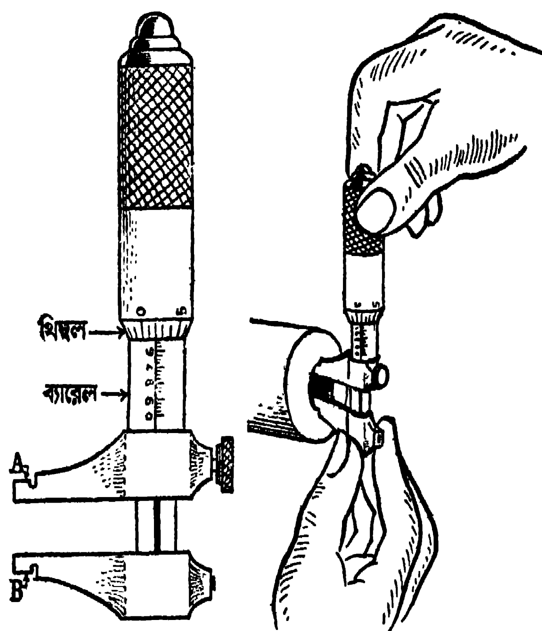
T = হ্যাণ্ডল (Handle) — ইহার একটি প্রান্ত স্ক্রু-থ্রেড করা। এই থ্রেড করা প্রান্তকে মাইক্রোমিটারের মধ্যে প্রবেশ করান হয়। ছিদ্রের মধ্যে মাইক্রো-মিটারকে প্রবেশ করাইতে হইলে এই হ্যাণ্ডলের সাহায্যে উহা সুবিধা হয়। নীচে 'ইন-সাইড' মাইক্রোমিটার দ্বারা মাপ লওয়ার দুইটি উদাহরণ দেওয়া হইল—



অন্য রকম ইন-সাইড মাইক্রোমিটার

ইহা দ্বারা দুই ইঞ্চের কম মাপের ছিদ্র বা নালী মাপ করা চলে। তবে, এক ইঞ্চ পর্য্যন্ত মাপের জন্য একটি এবং এক ইঞ্চ হইতে দুই ইঞ্চ পর্য্যন্ত

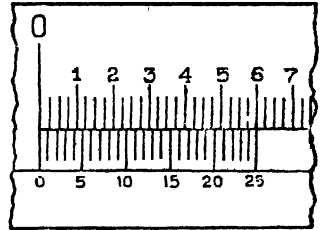
মাপের জন্য আর একটি মাইক্রোমিটার প্রয়োজন হয়। ইহার দুইটি 'জ' আছে (ছবিতে A এবং B চিহ্নিত)। একটি স্থির, অপরটি চলনশীল।



থিম্বলকে ঘুরাইলে চলনশীল 'জ'টি সরে। ইহার ব্যারেলের এবং থিম্বলের উপরের বিভাগগুলি সাধারণ 'আউট-সাইড' মাইক্রোমিটারের মত। ইহাতেও ব্যারেলের উপর এক ইঞ্চ স্থান $\frac{1}{40}$ ইঞ্চ ক্রমে ভাগ করা থাকে। মাত্র পার্থক্য এই যে, এইক্ষেত্রে থিম্বলকে ঘুরাইলে A এবং B 'জ' দুইটির ব্যবধান কমে বলিয়া ব্যারেলের উপরের বিভাগ-অঙ্কগুলি 1, 2, 3 ইত্যাদি ক্রমে না বাড়িয়া 9, 8, 7 ইত্যাদি ক্রমে ক্রমশঃ কমান থাকে। উপরে মাইক্রোমিটারটির এবং উহা ব্যবহারের ছবি দেওয়া হইল।

ভার্নিয়ার (Vernier)

প্রধান স্কেলের সহিত সম্বন্ধযুক্ত ইহা একটি অতিরিক্ত স্কেল। অপেক্ষাকৃত সূক্ষ্ম মাপ পাওয়ার জন্য ইহা ব্যবহার করা হয়। এই স্কেল প্রধান স্কেলের ভাগ রেখাকে স্পর্শ করিয়া যাতায়াত করে। প্রধান স্কেলের নির্দ্দিষ্ট কয়েকটি ভাগ যে স্থান অধিকার করে ভার্নিয়ারে ঠিক ঐ স্থানকে সাধারণতঃ ঐ ভাগ সংখ্যা হইতে একটি বেশী ভাগে ভাগ করা থাকে। যেমন, পার্শ্বের ছবিতে প্রধান স্কেলের 6 চিহ্নিত লাইন পর্য্যন্ত চব্বিশটি ভাগ যে স্থান অধিকার করিয়াছে ঠিক ঐ স্থানটুকুকে নীচে ভার্নিয়ারে পঁচিশটি ভাগে ভাগ করা আছে।



প্রধান স্কেলের আকার অনুযায়ী ভার্নিয়ারের আকার গোল এবং সমতল দুই রকমই হইতে পারে। ইহা ভিন্ন, সকল ভার্নিয়ারই যে একই নীতিতে তৈয়ারী হয় তাহা নয়। যে নীতিতে ইহা তৈয়ারী হয় উহা অনুযায়ী বিভিন্ন ভার্নিয়ারের বিভিন্ন 'নিয়তাঙ্ক' অর্থাৎ 'কনষ্ট্যাণ্ট' (constant) হইয়া থাকে। এই 'কনষ্ট্যাণ্ট' সংখ্যার সাহায্যেই ভার্নিয়ার হইতে মাপ পড়িতে হয়। ইহা সাধারণতঃ প্রত্যেক ভার্নিয়ার যন্ত্রের উপর লেখা থাকে। লেখা না থাকিলে প্রধান স্কেলের সর্ব্বাপেক্ষা ছোট একটি ভাগের মাপকে ভার্নিয়ারের মোট ভাগ সংখ্যা দ্বারা ভাগ করিয়া ইহা বাহির করা যায়।

উদাহরণ :—

উপরের ছবিটিতে প্রধান স্কেলের সর্ব্বাপেক্ষা ছোট একটি ভাগের মাপ $\frac{1}{40}$ ইঞ্চ। ভার্নিয়ারে মোট পঁচিশটি ভাগ আছে। ইহার 'কনষ্ট্যাণ্ট' সংখ্যা বাহির কর।

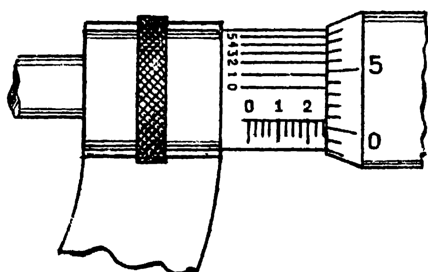
$$\text{নির্ণেয় 'ভার্নিয়ার কনষ্ট্যাণ্ট'} = \frac{\text{প্রধান স্কেলের সর্ব্বাপেক্ষা ছোট একটি ভাগের মাপ}}{\text{ভার্নিয়ারের মোট ভাগ সংখ্যা}} \quad \frac{\frac{1}{40}}{25}$$

$$= \frac{1}{40} \times \frac{1}{25} = \frac{1}{1000}$$ অথবা 0·001, উত্তর।

ভার্নিয়ার যুক্ত যন্ত্র হইতে মাপ পড়া—প্রথমে প্রধান স্কেল হইতে মাপ পড়। পরে লক্ষ্য কর যে, ভার্নিয়ারের কোন লাইনটি প্রধান স্কেলের লাইনের সহিত একেবারে ঠিক মিলিয়া গিয়াছে। ভার্নিয়ারের এই লাইনটি যত সংখ্যক লাইন উহাকে 'ভার্নিয়ার কনষ্ট্যাণ্ট' দ্বারা গুণ কর। এইবার, এই গুণফলকে পুর্ব্বের ঐ প্রধান স্কেলের মাপের সহিত যোগ কর। এই যোগফলই যন্ত্রে দেখান মাপ।

ভার্নিয়ার মাইক্রোমিটার
(Vernier Micrometer)

নীচে ইহার মূল অংশের একটি ছবি দেওয়া হইল। ভার্নিয়ার মাইক্রোমিটারের গঠন ইত্যাদি সকলই সাধারণ মাইক্রোমিটারের মত। মাত্র পার্থক্য এই যে, ইহাতে থিম্বলের বিভাগের সহিত মিল করিয়া ব্যারেলের পরিধির উপরে ভার্নিয়ার নীতিতে কতকগুলি বিভাগ করা। অন্য যন্ত্রের মত 'ভার্নিয়ার'রূপে স্বতন্ত্র কোন অংশ ইহাতে থাকে না।

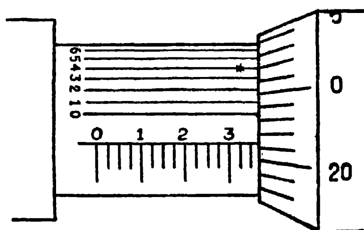


থিম্বলের নয়টি ভাগ যে স্থান অধিকার করে উহাকে দশ ভাগে ভাগ করিয়া ভার্নিয়ারের বিভাগগুলি করা। থিম্বলের প্রত্যেকটি ভাগ $\frac{1}{1000}$ (=0·001) ইঞ্চ বুঝায়। সুতরাং, এইক্ষেত্রে 'ভার্নিয়ার কনষ্ট্যাণ্ট' $=\frac{1}{1000}\div 10=\frac{1}{10000}$ অর্থাৎ 0·0001 হয়। ফলে, ভার্নিয়ারের প্রতিটি বিভাগ 0·0001 ইঞ্চ অর্থাৎ এক ইঞ্চের দশ হাজার ভাগের এক ভাগ মাপ বুঝায়।

মাপ পড়া—সাধারণ মাইক্রোমিটারে যেভাবে মাপ পড়া হইয়া থাকে ইহার বেলায় ও প্রথমে ঠিক ঐ রকমে ব্যারেল এবং থিম্বল হইতে মাপ পড়িয়া পরে লক্ষ্য কর যে, ভার্নিয়ারের কোন লাইনটি থিম্বলের লাইনের সহিত একেবারে ঠিক মিলিয়া গিয়াছে। ভার্নিয়ারের যে সংখ্যক লাইনটি এইভাবে মিলিয়াছে উহাকে 'ভার্নিয়ার কনষ্ট্যাণ্ট' সংখ্যা দ্বারা গুণ কর। এখন, এই গুণফল মাপকে পূর্ব্বে বাহির করা মাপের সহিত যোগ কর। ইহাই ভার্নিয়ার মাইক্রোমিটারে দেখান মাপ।

উদাহরণ :—

(ক) একটি দুই ইঞ্চ মাপের ভার্নিয়ার মাইক্রোমিটার পার্শ্বের ছবির মত মাপ দেখায়। মাপটি কত তাহা পড়।



ইহাতে দেখা যায় যে, থিম্বলের প্রান্ত ব্যারেলের 3 চিহ্নিত লাইনকে এবং উহার ছোট লাইন দুইটিকে অতিক্রম করিয়াছে। উপরন্তু, থিম্বলের একুশ সংখ্যক লাইনটি ব্যারেলের অক্ষ-সমান্তর অর্থাৎ 'নির্দ্দেশক' (Index) লাইনকে অতিক্রম করিয়াছে। ইহা ভিন্ন, ভার্নিয়ারে লক্ষ্য হয় যে উহার 4 সংখ্যক লাইনটি (তারকা চিহ্নিত) থিম্বলের লাইনের সহিত মিলিয়া গিয়াছে। সুতরাং, লাইনগুলি এই রকম বুঝায়—

ব্যারেলের 3 চিহ্নিত লাইন $= 0{\cdot}1 \times 3 \quad = 0{\cdot}3$

„ দুইটি ছোট লাইন $= 0{\cdot}025 \times 2 \;= 0{\cdot}05$

থিম্বলের একুশটি লাইন $= 0{\cdot}001 \times 21 = 0{\cdot}021$

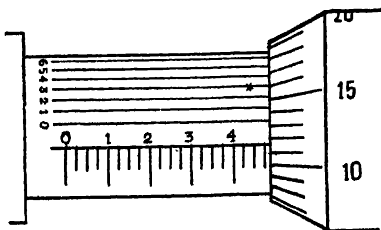
ভার্নিয়ারের চারিটি লাইন $= 0{\cdot}0001 \times 4 = 0{\cdot}0004$

যোগফল $= 0{\cdot}3714$

যেহেতু মাপটি দুই ইঞ্চ মাইক্রোমিটারে লওয়া হইয়াছে, সুতরাং, এই ক্ষেত্রে দুই হইতে এক বিয়োগ করিলে যে এক ফল হয় উহাকে দশমিক

বিন্দুর বামদিকে পুর্ণসংখ্যা স্থানে বসাইতে হইবে। ফলে, মাপ 1·3714 ইঞ্চ হয়। ইহাই মাইক্রোমিটারটিতে দেখান মাপ।

(খ) এক ইঞ্চ ভার্নিয়ার মাইক্রোমিটার পার্শ্বের ছবির মত মাপ দেখায়। ইহা কত তাহা পড়।



ইহাতে দেখা যায় যে, থিম্বলের প্রান্ত ব্যারেলের 4 চিহ্নিত লাইনকে এবং উহার ছোট লাইন তিনটিকে অতিক্রম করিয়াছে। উপরন্তু, থিম্বলের এগার সংখ্যক লাইনটি ব্যারেলের অক্ষ-সমান্তর অর্থাৎ 'নির্দ্দেশক' (Index) লাইনটিকে অতিক্রম করিয়াছে। এদিকে ভার্নিয়ারে লক্ষ্য হয় যে, উহার 3 সংখ্যক লাইনটি (তারকা চিহ্নিত) থিম্বলের লাইনের সহিত মিলিয়া গিয়াছে। সুতরাং, লাইনগুলি এই রকম বুঝায়—

ব্যারেলের 4 চিহ্নিত লাইন	$=0·4\times1$	$=0·4$
„ তিনটি ছোট লাইন	$=0·025\times3$	$=0·075$
থিম্বলের এগারটি লাইন	$=0·001\times11$	$=0·011$
ভার্নিয়ারের তিনটি লাইন	$=0·0001\times3$	$=0·0003$
	যোগফল	$=0·4863$

যেহেতু মাপটি এক ইঞ্চ মাইক্রোমিটারে লওয়া হইয়াছে, সুতরাং এক হইতে এক বিয়োগ করিলে যে শূন্য (0) ফল হয় উহাকে দশমিক বিন্দুর বামদিকে পুর্ণসংখ্যা স্থানে বসাইতে হইবে। অর্থাৎ, উপরে যোগফলে যে শূন্য দেখান আছে উহাই থাকিয়া যাইবে। অন্য কোন অঙ্ক ঐখানে বসিবে না। ফলে, মাপটি 0·4863 ইঞ্চ হয়। ইহাই মাইক্রোমিটারটিতে দেখান মাপ।

ভার্নিয়ার মাইক্রোমিটারে মাপ তোলা—সাধারণ মাইক্রোমিটারে যে ভাবে মাপ তোলা হইয়া থাকে ইহার বেলায়ও মূলতঃ ঐভাবেই মাপ

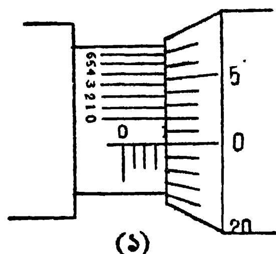
তোলা হয়। মাত্র পার্থক্য এই যে, ইহাতে থিম্বলে মাপ তোলার পর আবার উহাকে একটু বামদিকে ঘুরাইয়া ভার্নিয়ারের নির্দ্দিষ্ট লাইনটির সহিত উহার লাইনটিকে মিলাইতে হয়। নীচে উদাহরণ দ্বারা উহা বুঝান যাইতেছে—

উদাহরণ ঃ—

(ক) ভার্নিয়ার মাইক্রোমিটারে 1·1735 ইঞ্চ মাপ তোল।

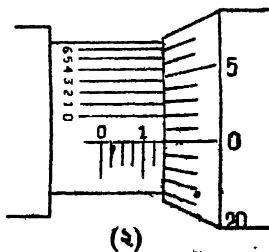
প্রথমেই স্থির কর যে, এই মাপটিকে কোন মাপের ভার্নিয়ার মাইক্রোমিটারে তোলা প্রয়োজন। এইক্ষেত্রে, মাপটিতে যেহেতু পূর্ণসংখ্যা স্থানে 1 আছে, সুতরাং, ইহার সহিত এক যোগ করিলে যে দুই ফল হয় ঐ সমান মাপের অর্থাৎ, দুই ইঞ্চ মাপের ভার্নিয়ার মাইক্রোমিটারে মাপটিকে তুলিতে হইবে ইহা স্থির হইল।

এখন, যেহেতু মাপটিতে দশমিক বিন্দুর ঠিক পরে 1 আছে, সুতরাং থিম্বলকে ঘুরাইয়া উহার প্রান্তকে প্রথমে ব্যারেলের 1 চিহ্নিত লাইনটির উপর এমনভাবে আন, যাহাতে থিম্বলের 0 চিহ্নিত লাইনটি ব্যারেলের অক্ষ-সমান্তর অর্থাৎ 'নির্দ্দেশক' (Index) লাইনটির সহিত মিলিয়া যায় (যেমন, ১নং ছবি)।



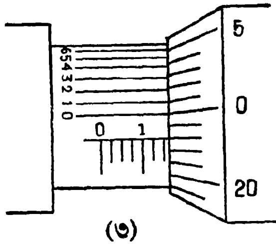
(১)

এইবার, মাপটিতে দশমিক বিন্দুর ডানদিকে যে দ্বিতীয় এবং তৃতীয় অঙ্ক আছে উহাদিগকে পাশাপাশি রাখিলে যে সংখ্যা হয় উহাকে পঁচিশ দ্বারা ভাগ করিতে হইবে এবং ইহাতে যাহা ভাগফল হইবে ব্যারেলে ঐ কয়টি ছোট লাইনকে এবং যাহা ভাগশেষ হইবে থিম্বলে ঐ কয়টি লাইনকে যোগ করিতে হইবে। এইক্ষেত্রে, দেখা যায় যে, দশমিক বিন্দুর ডানদিকে দ্বিতীয় অঙ্ক 7 এবং তৃতীয় অঙ্ক 3 আছে। ইহাদিগকে পাশাপাশি রাখিলে 73 সংখ্যা



(২)

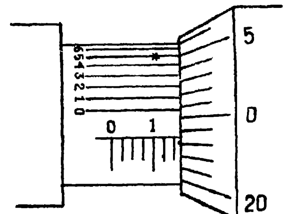
হয়। এই 73কে পঁচিশ দ্বারা ভাগ করিলে ভাগফল দুই এবং ভাগশেষ তেইশ হয়। সুতরাং, থিম্বলকে এখন বামদিকে এমনভাবে ঘুরাও যাহাতে উহার প্রান্ত ব্যারেলের দুইটি ছোট লাইনকে অতিক্রম করে এবং থিম্বলের 0 চিহ্নিত লাইনটি ব্যারেলের অক্ষ-সমান্তর অর্থাৎ 'নির্দ্দেশক' (Index) লাইনটির সহিত ঠিক মিলে। (যেমন, ২নং ছবি)।



(৩)

পরে, যেহেতু ভাগশেষ তেইশ বাহির হইয়াছে অতএব থিম্বলকে আরও বামদিকে ঘুরাইয়া এমন স্থানে আন যাহাতে ব্যারেলের অক্ষ-সমান্তর (Index) লাইনটি থিম্বলের তেইশ সংখ্যক লাইনটির সহিত ঠিক মিলিয়া যায়। যেমন, ৩নং ছবি)।

এখন, লক্ষ্য কর যে দশমিক বিন্দুর পরে চতুর্থ স্থানে কোন্ অঙ্ক আছে। এইক্ষেত্রে 5 থাকায় থিম্বলকে আরও একটু বামদিকে সন্তর্পণে ঘুরাইয়া এমন স্থানে আন যাহাতে থিম্বলের তেইশ সংখ্যক লাইনটি ব্যারেলের অক্ষ-সমান্তর (Index) লাইনটিকে অতিক্রম না করে, অথচ ভার্নিয়ারের 5 চিহ্নিত লাইনটি থিম্বলের একটি লাইনের সহিত একেবারে ঠিক মিলিয়া যায় (যেমন, ৪নং ছবি)।



(8)

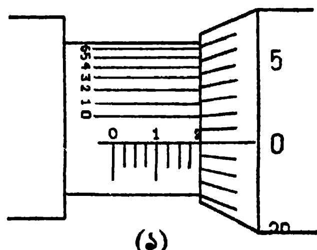
থিম্বলের এই সর্ব্বশেষ অবস্থানই প্রদত্ত মাপকে বুঝায়। এখন, 'লক-নাট'টিকে ডানদিকে ঘুরাইয়া আটকাইয়া লও।

(খ) ভার্নিয়ার মাইক্রোমিটারে 2·2335 ইঞ্চ মাপ তোল।

যেহেতু মাপটিতে পূর্ণসংখ্যা স্থানে 2 আছে, সুতরাং, ইহার সহিত এক যোগ করিলে যে তিন ফল হয় ঐ সমান মাপের, অর্থাৎ তিন ইঞ্চ মাপের

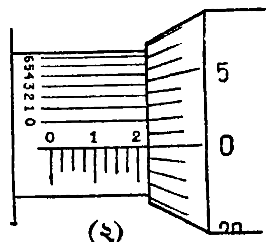
একটি ভার্নিয়ার মাইক্রোমিটারে মাপটিকে তুলিতে হইবে ইহা প্রথমেই স্থির হইল।

এখন, মাপটিতে দেখা যায় যে, দশমিক বিন্দুর ঠিক পরে 2 আছে। সুতরাং থিম্বলকে ঘুরাইয়া উহার প্রান্তকে ব্যারেলের 2 চিহ্নিত লাইনটির উপর এমনভাবে আন যাহাতে থিম্বলের 0 চিহ্নিত লাইনটি ব্যারেলের অক্ষ-সমান্তর অর্থাৎ 'নির্দেশক' (Index) লাইনটির সহিত মিলে (যেমন, ১নং ছবি)।



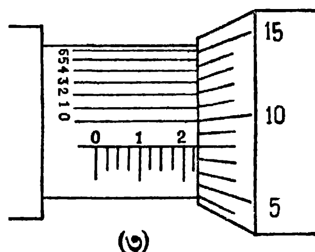
(১)

পরে, যেহেতু মাপটিতে দশমিক বিন্দুর ডানদিকে দ্বিতীয় অঙ্ক 3 এবং তৃতীয় অঙ্ক 3 আছে এবং ইহাদিগকে পাশাপাশি রাখিলে 33 সংখ্যা হয়, সুতরাং এই 33-কে পঁচিশ দ্বারা ভাগ কর। ইহাতে ভাগফল এক এবং ভাগশেষ আট বাহির হয়। সুতরাং, থিম্বলটিকে আরও বামদিকে ঘুরাইয়া উহার প্রান্তকে ব্যারেলের প্রথম লাইনটির উপরে এমনভাবে আন যাহাতে উহার 0 চিহ্নিত লাইনটি ব্যারেলের অক্ষ-সমান্তর অর্থাৎ 'নির্দেশক' (Index) লাইনটির সহিত মিলিয়া যায় (যেমন, ২নং ছবি)।



(২)

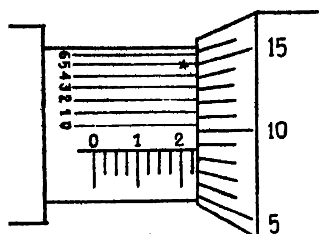
পরে, যেহেতু ভাগশেষ আট বাহির হইয়াছে, সুতরাং, থিম্বলকে আরও বামদিকে ঘুরাইয়া এমনস্থানে আন যাহাতে উহার অষ্টম লাইনটি ব্যারেলের অক্ষ-সমান্তর (Index) লাইনটির সহিত মিলে। (যেমন, ৩নং ছবি)।



(৩)

এইবার লক্ষ্য কর যে, দশমিক বিন্দুর ডানদিকে চতুর্থ অঙ্ক কি আছে

এইক্ষেত্রে, 5 আছে। সুতরাং, থিম্বলকে সন্তর্পণে বামদিকে এমনভাবে ঘুরাও,



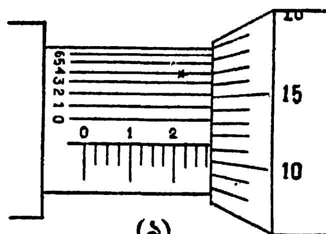
(৪)

যাহাতে উহার অষ্টম লাইনটি ব্যারেলের অক্ষ-সমান্তর (Index) লাইনকে অতিক্রম না করে, অথচ ভার্নিয়ারের 5 চিহ্নিত লাইনটি থিম্বলের একটি লাইনের সহিত একেবারে মিলিয়া যায় (যেমন, ৪নং ছবি)।

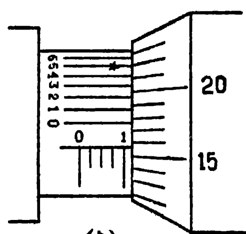
থিম্বলের এই সর্ব্বশেষ অবস্থানই প্রদত্ত মাপকে বুঝায়। এখন, 'লক নাট'টিকে ডানদিকে ঘুরাইয়া আটকাইয়া লও।

অনুশীলনী (নং ২) :—

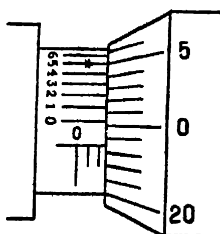
১। ভার্নিয়ার মাইক্রোমিটারে নীচের ছবির মত মাপ দেখায়। ইহা কত তাহা পড়।



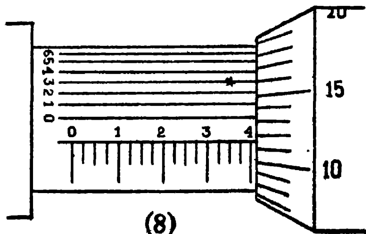
(১)



(২)



(৩)



(৪)

যে মাপের মাইক্রোমিটারে মাপগুলি তোলা হইয়াছে তাহা এই—

(১) এক ইঞ্চ।	(৩) এক ইঞ্চ।
(২) তিন ইঞ্চ।	(৪) দুই ইঞ্চ।

২। নিম্নলিখিত ইঞ্চের মাপগুলি ভার্নিয়ার মাইক্রোমিটারে তোল।

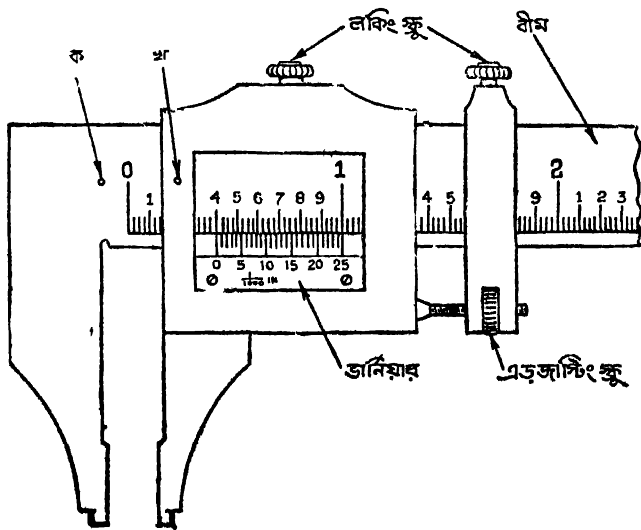
1·3652 ; 2·2936 ; 1·2065.

2·5023 ; 1·4568 ; 3·8601.

ভার্নিয়ার ক্যালিপাস´

(Vernier Callipers)

ইহা ক্যালিপাস´ শ্রেণীর এবং 'ভার্নিয়ার' যুক্ত। সাধারণ মাইক্রোমিটারে অর্থাৎ, মাইক্রোমিটার ক্যালিপাসে´ যেমন এক ইঞ্চের এক হাজার ভাগের এক ভাগ পর্য্যন্ত মাপ পাওয়া যায় ইহাতেও তাহাই পাওয়া যায়। নীচে 'ভার্নিয়ার ক্যালিপাস´'-এর মূল অংশের একটি ছবি দেওয়া হইল। ইহা দুই ইঞ্চ ক্রমে বাড়িয়া লম্বায় ছয় ইঞ্চ হইতে বার ইঞ্চ পর্য্যন্ত হয়।



ইহার বিভিন্ন অংশের নাম—

বীম স্কেল (Beam Scale)—সাধারণ মাইক্রোমিটারে ব্যারেলের উপর যেমন এক ইঞ্চের চল্লিশ ভাগের এক ভাগ ক্রমের ভাগ করা থাকে এবং গণনার সুবিধার জন্য প্রত্যেক চতুর্থ বিভাগটি অঙ্ক দ্বারা চিহ্নিত করা থাকে ইহার উপরেও ঐ রকম করা। মাত্র পার্থক্য এই যে, মাইক্রোমিটারে ব্যারেলে মাত্র এক ইঞ্চ স্থান ভাগ করা থাকে, কিন্তু ইহাতে তাহার পরিবর্ত্তে সমগ্র লম্বা স্থান এমন কি সম্মুখ এবং পিছন দুইদিকই ঐ রকম ভাগ করা।

'জ' (Jaw)—ইহা দুইটি। একটি স্থির, অপরটি চলনশীল। চলনশীল 'জ'কে স্লাইডিং 'জ' (Sliding Jaw) বলে। 'জ' দুইটির ভিতরের দিক সমতল, কিন্তু বাহিরের দিক অল্প গোল করা। 'জ'-এর ভিতরের দিকের সাহায্যে সাধারণ 'আউট সাইড' ক্যালিপার্সের মত ধাতুখণ্ডের বাহিরের মাপ এবং বাহিরের দিকের সাহায্যে সাধারণ 'ইন-সাইড' ক্যালিপার্সের মত ছিদ্রের ডায়মেটার বা নালীর চওড়া মাপ লওয়া হইয়া থাকে।

ভার্নিয়ার (Vernier)—যে 'জ'টি চলনশীল (Sliding Jaw) উহার সহিত ইহা স্থায়ীভাবে আটকান। বীম-স্কেলের উপরে সর্ব্বাপেক্ষা ছোট যে বিভাগ থাকে উহার চব্বিশটি বিভাগ যে স্থান অধিকার করে ভার্নিয়ারটিতে ঐ স্থান পঁচিশ ভাগে ভাগ করা এবং গণনার সুবিধার জন্য ইহার প্রত্যেক পঞ্চম লাইনটি 5, 10, 15, 20, 25 ক্রমে অঙ্ক চিহ্ন দেওয়া। বীম-স্কেলের সর্ব্বাপেক্ষা ছোট বিভাগগুলির প্রত্যেকটি $\frac{1}{40}$ ইঞ্চ ($=0.025$ ইঞ্চ) মাপের সুতরাং, এইক্ষেত্রে ভার্নিয়ারের 'কনষ্ট্যাণ্ট' (Constant) অর্থাৎ 'নিয়তাঙ্ক' $=\frac{1}{40}\div 25=\frac{1}{1000}=0.001$ হয়। 'জ' দুইটি মুখে মুখে মিশিলে ভার্নিয়ারের 0 চিহ্নিত লাইনটি বীম-স্কেলের 0 চিহ্নিত লাইনের সহিত একেবারে মিলিয়া যায়।

লকিং স্ক্রু (Locking Screw)—ইহা সংখ্যায় দুইটি। ইহাদের সাহায্যে ভার্নিয়ার যুক্ত 'স্লাইডিং জ' অংশকে বীম স্কেলের উপর আটকাইয়া রাখা হয়।

এডজাষ্টিং-স্ক্রু (Adjusting Screw)—ইহাকে ঘুরাইয়া ভার্নিয়ারকে নিয়ন্ত্রণ করা হয়।

ক এবং খ—দুইটি পাঞ্চ চিহ্ন। যন্ত্রটি যে মাপ দেখায় উহাকে ডিভাইডারে তোলার জন্য লেগ দুইটিকে এই পাঞ্চ চিহ্নের উপর রাখা হইয়া থাকে।

'ভার্নিয়ার ক্যালিপার্স' দ্বারা একদিকে 'আউট-সাইড' (Outside) এবং 'ইন-সাইড' (Inside) দুই রকম ক্যালিপার্সেরই কাজ পাওয়া যায়। 'ইন-সাইড' ক্যালিপার্সের মত ব্যবহার করার সময় মাপ বীম-স্কেলের পিছন দিকের বিভাগ হইতে পড়া নিয়ম। ইহাতে মাপ প্রত্যক্ষভাবেই পাওয়া যায়। এই মাপ বীম স্কেলের সম্মুখ দিক হইতেও পড়া চলে। তবে, ঐক্ষেত্রে সম্মুখদিকের মাপের সহিত 'জ' দুইটির চওড়া মাপকে (সাধারণতঃ 0·3 ইঞ্চকে) যোগ করিয়া লইতে হয়।

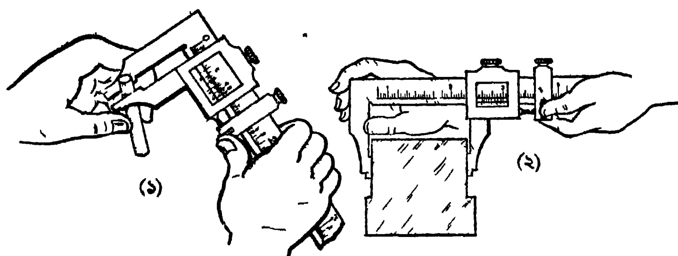
ব্যবহার প্রণালী—কোন অংশের বাহিরের মাপ লওয়ার জন্য প্রথমে উহার মাপকে অনুমানে স্থির কর। পরে, 'লকিং স্ক্রু' দুইটিকে ঢিলা করিয়া 'স্লাইডিং জ'কে এমনভাবে সরাও যাহাতে 'জ' দুইটির দূরত্ব ঐ মাপ হইতে সামান্য একটু বেশী হয়। এখন, ক্যালিপার্সের মুখকে ঐ অংশের উপর লম্বভাবে ধর এবং 'স্লাইডিং জ'টিকে বামদিকে এমন সরাও যাহাতে 'জ' দুইটি অংশটির উপরিভাগকে মাত্র স্পর্শ করে এবং কোন রকম চাপ না দেয়। পরে, ডানদিকের 'লকিং স্ক্রু'টিকে আটকাইয়া লইয়া 'এডজাষ্টিং স্ক্রু' দ্বারা ভার্নিয়ারকে নিয়মিত কর। শেষে, বামদিকের 'লকিং-স্ক্রু'টিকে আটকাইয়া লইয়া ক্যালিপার্সটিকে যত্নের সহিত বাহির করিয়া আন এবং বীম-স্কেল হইতে মাপ পড়।

ভার্নিয়ার ক্যালিপার্স দ্বারা বাহিরের মাপ লওয়ার দুইটি উদাহরণ পরের পৃষ্ঠায় দেওয়া হইল—

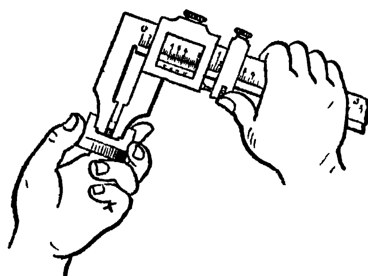
(১) ছোট জিনিষের মাপ লওয়া। (২) বড় জিনিষের মাপ লওয়া।

ভিতরের মাপ লওয়ার জন্যও পূর্ব্বের মত প্রথমে ছিদ্র বা নালীর মাপকে অনুমান কর। পরে, 'লকিং স্ক্রু' দুইটিকে ঢিলা করিয়া 'স্লাইডিং-জ'-কে এমনভাবে সরাও যাহাতে 'জ' দুইটির বাহিরের দূরত্ব ঐ মাপ হইতে সামান্য

একটু ছোট হয়। এখন, ক্যালিপার্সের মুখকে ছিদ্র বা নালীর মধ্যে লম্বভাবে



প্রবেশ করাও এবং 'স্লাইডিং-জ'কে নীচের ছবির মত ডানদিকে সরাও। ইহাতে



'জ' দুইটি ছিদ্র বা নালীর গাত্রকে স্পর্শ করিবে। এইবার, ডানদিকের 'লকিং-স্ক্রু'টিকে আটকাইয়া লইয়া ক্যালিপার্সটিকে যন্ত্রের সহিত বাহির করিয়া আন এবং বীম-স্কেলের পিছনদিক হইতে মাপ পড়। সম্মুখদিক হইতে মাপ পড়িলে উহার সহিত 0·3 ইঞ্চ (অর্থাৎ, 'জ' দুইটির চওড়া মাপকে) যোগ করিয়া লও।

মাপ পড়া—সাধারণ মাইক্রোমিটারের মত ভার্নিয়ার-ক্যালিপার্সের মাপও দুই উপায়ে পড়া যায়—

(১) দশমিকের (decimal) সাহায্যে। (২) দশমিকের সাহায্য না লইয়া।

দুইটি উপায় সম্পর্কেই নিম্নলিখিত বিষয় কয়টি লক্ষ্য করা প্রয়োজন হয়—

(ক) ভার্নিয়ারের 0 চিহ্নিত লাইনটি বীম-স্কেলের কয়টি পূর্ণ ইঞ্চ লাইন (বড় অঙ্ক চিহ্নিত), কয়টি এক ইঞ্চের দশভাগের একভাগ লাইন (ছোট অঙ্ক চিহ্নিত), এবং কয়টি এক ইঞ্চের চল্লিশ ভাগের একভাগ লাইন (সর্ব্বাপেক্ষা ছোট) অতিক্রম করিয়াছে।

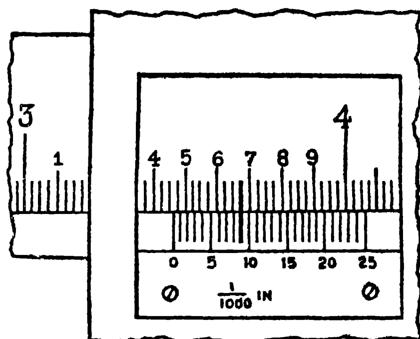
(খ) ভার্নিয়ারের কোন লাইনটি বীম-স্কেলের লাইনের সহিত ঠিক একেবারে মিলিয়া গিয়াছে।

(খ)-এর লাইন সংখ্যাকে 'ভার্নিয়ার কনষ্ট্যাণ্ট' দ্বারা গুণ করিয়া লইয়া গুণফলকে, (ক)-এর লাইনগুলি যে মাপ নির্দ্দেশ করে উহার সহিত যোগ করিলে ক্যালিপার্সে দেখান মাপ বাহির হয়।

উপরোক্ত উপায় দুইটি নীচে উদাহরণের সাহায্যে বুঝান হইতেছে।

দশমিকের সাহায্যে মাপ পড়া—

উদাহরণ :—ভার্নিয়ার ক্যালিপার্স নীচের ছবির মত মাপ দেখায়। এই মাপ কত তাহা পড়।



ইহাতে দেখা যায় যে, ভার্নিয়ারের 0 চিহ্নিত লাইনটি বীম-স্কেলের বড অঙ্ক 3 চিহ্নিত লাইনকে, ছোট অঙ্ক 4 চিহ্নিত লাইনকে, এবং সর্ব্বাপেক্ষা ছোট লাইনের দুইটি লাইনকে অতিক্রম করিয়াছে। উপরন্তু, ভার্নিয়ারে দেখা যায় যে ইহার নবম লাইনটি বীম স্কেলের লাইনের সহিত মিলিয়া গিয়াছে (মোটা লাইন দ্বারা ইহা ছবিতে দেখান আছে)। ভার্নিয়ারটির 'কনষ্ট্যাণ্ট' $= \frac{1}{1000} = 0\cdot001$.

পূর্ব্বেই বলা হইয়াছে যে, বীম-স্কেলের বড় অঙ্ক চিহ্নিত প্রত্যেকটি লাইন এক ইঞ্চ, ছোট অঙ্ক চিহ্নিত প্রত্যেকটি লাইন এক ইঞ্চের দশ ভাগের একভাগ অর্থাৎ, 0·1 ইঞ্চ, এবং সর্ব্বাপেক্ষা ছোট একটি লাইন এক ইঞ্চের চল্লিশ ভাগের একভাগ, অর্থাৎ 0·025 ইঞ্চ মাপ বুঝায়। ইহা ভিন্ন, ভার্নিয়ার স্কেলের যে লাইনটি বীম-স্কেলের লাইনের সহিত মিলে উহা পর্য্যন্ত উহার প্রত্যেকটি লাইন 0·001 ইঞ্চ ('ভার্নিয়ার কনষ্ট্যাণ্ট') মাপ নির্দ্দেশ করে। সুতরাং, এইক্ষেত্রে উপরের লিখিত লাইনগুলি একত্র এই রকম বুঝায় :—

বীম-স্কেলের বড় অঙ্ক 3 চিহ্নিত লাইন = 3

" ছোট অঙ্ক 4 চিহ্নিত লাইন = 0·1 × 4 = 0·4

" সর্ব্বাপেক্ষা ছোট দুইটি লাইন = 0·025 × 2 = 0·050

ভার্নিয়ার স্কেলের নয়টি লাইন = ভার্নিয়ার কনষ্ট্যাণ্ট × 9

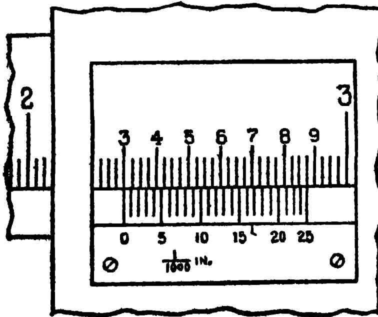
= 0·001 × 9 = 0·009

যোগফল = 3 459

সুতরাং, ক্যালিপার্সে দেখান মাপ = 3·459 ইঞ্চ, উত্তর।

দশমিকের সাহায্য না লইয়া মাপ পড়া—

উদাহরণ :—ভার্নিয়ার ক্যালিপার্সে নীচের ছবির মত মাপ দেখায়। মাপটি কত তাহা পড়।



ইহাতে দেখা যায় যে, ভার্নিয়ারের 0 চিহ্নিত লাইনটি বীম-স্কেলের বড় অঙ্ক 2 চিহ্নিত লাইনকে, ছোট অঙ্ক 3 চিহ্নিত লাইনকে, এবং সর্ব্বাপেক্ষা ছোট লাইনের তিনটি লাইনকে অতিক্রম করিয়াছে। ইহা ভিন্ন দেখা যায় যে, ভার্নিয়ার স্কেলের এগার সংখ্যক লাইনটি বীম-স্কেলের লাইনের সহিত ঠিক মিলিয়া গিয়াছে (মোটা লাইন দ্বারা ইহা ছবিতে দেখান আছে)। ভার্নিয়ারটির 'কনষ্ট্যাণ্ট' = $\frac{1}{1000}$ = 0·001.

পূর্ব্বে ১২ নং পৃষ্ঠায় যাহা বলা হইয়াছে ঐ প্রকারে বীম-স্কেল এবং ভার্নিয়ার স্কেলের লাইনগুলি নিম্নলিখিত সংখ্যা বুঝায়—

বীম-স্কেলের বড় অঙ্ক চিহ্নিত প্রত্যেকটি লাইন = 1000

" ছোট " " " " = 100

" সর্ব্বাপেক্ষা ছোট " " " = 25

এবং ভার্নিয়ার স্কেলের যে লাইনটি বীম-স্কেলের লাইনের সহিত মিলে উহা পর্য্যন্ত প্রত্যেকটি লাইন = 1

সুতরাং, এইক্ষেত্রে ক্যালিপার্সের লাইনগুলি একত্র এই রকম বুঝায়—

বীম-স্কেলের বড় অঙ্ক 2 চিহ্নিত লাইন	= 1000	×	2	=	2000
" ছোট অঙ্ক 3 " "	= 100	×	3	=	300
সর্ব্বাপেক্ষা ছোট তিনটি লাইন	= 25	×	3	=	75
ভার্নিয়ার স্কেলের এগারটি লাইন	= 1	×	11	=	11
			যোগফল	=	2386

এখন, ডানদিক হইতে গণনা করিয়া তিনটি অঙ্কের বামে দশমিক বিন্দু বসাও।

সুতরাং ক্যালিপার্সে দেখান মাপ = 2 386 ইঞ্চ, উত্তর।

ভার্নিয়ার ক্যালিপার্সে মাপ তোলা—একমাত্র দশমিকযুক্ত মাপই ইহাতে তোলা সম্ভব বলিয়া মাপ সাধারণ ভগ্নাংশে দেওয়া থাকিলে উহাকে প্রথমে দশমিকে পরিণত করিয়া লও। পরে, লক্ষ্য কর যে, দেওয়া মাপটিতে কত পূর্ণসংখ্যা আছে, দশমিক বিন্দুর ঠিক ডানদিকে কোন অঙ্ক আছে, এবং এই অঙ্কটি লওয়ার পর, ইহার ডানদিকে যাহা বাকি থাকে উহাকে পঁচিশ দ্বারা ভাগ করিলে কত ভাগফল হয় এবং কত অবশিষ্ট থাকে। এখন, মাপ তোলার জন্য 'লকিং-স্ক্রু' দুইটিকে ঢিলা করিয়া লইয়া 'স্লাইডিং জ'কে সরাইয়া এমন স্থানে আন, যাহাতে ভার্নিয়ারের 0 চিহ্নিত লাইনটি, মাপে যে পূর্ণসংখ্যা আছে উহা চিহ্নিত বীম-স্কেলের বড় অঙ্কের লাইনের সহিত ঠিক মিলিয়া যায়। এইবার, 'স্লাইডিং-জ'কে আরও ডানদিকে এমন সরাও যাহাতে ভার্নিয়ারের 0 চিহ্নিত লাইনটি, দেওয়া মাপে দশমিক বিন্দুর ঠিক ডানদিকে যে অঙ্কটি আছে উহা চিহ্নিত বীম স্কেলের ছোট অঙ্কের লাইনের সহিত মিলে।

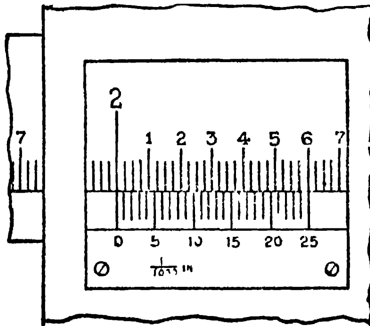
পরে, স্লাইডিং জ'কে আরও একটু ডানদিকে এমন সরাও যাহাতে, পূর্ব্বে যে ভাগফল পাওয়া গিয়াছে বীম-স্কেলের ঐ সংখ্যক সর্ব্বাপেক্ষা ছোট লাইনটির সহিত ভার্নিয়ারের 0 চিহ্নিত লাইনটি মিলে।

এখন, ডানদিকের 'লকিং-স্ক্রু'টিকে আটকাইয়া লইয়া 'এড্‌জাষ্টিং-স্ক্রু'কে সন্তর্পণে ডানদিকে এমন সামান্য ঘুরাও যাহাতে পূর্ব্বে যে ভাগাবশিষ্ট সংখ্যা বাহির হইয়াছে ভার্নিয়ারের ঐ সংখ্যক লাইনটি বীম-স্কেলের পরবর্ত্তী কোন লাইনের সহিত ঠিক মিলিয়া যায়।

এইবার, বামদিকের 'লকিং-স্ক্রু'টিকে আটকাও। 'স্লাইডিং-জ'-এর এই সর্ব্বশেষ অবস্থান দ্বারাই ভার্নিয়ার ক্যালিপার্সে মাপ তোলার কাজ শেষ হয়।

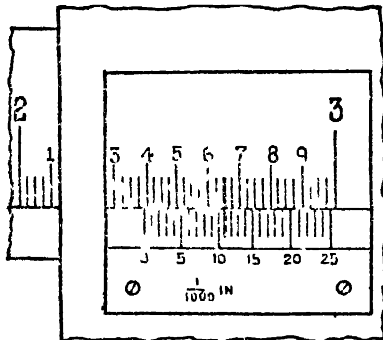
উদাহরণঃ—ভার্নিয়ার ক্যালিপার্সে 23 61 মাপ তোল।

মাপটিতে দেখা যায় যে, ইহাতে পূর্ণসংখ্যা স্থানে 2 এবং দশমিক বিন্দুর ঠিক ডানদিকে 3 আছে। এই 3'কে লইলে উহার ডানদিকে 61 সংখ্যা থাকে এবং এই 61কে পঁচিশ দ্বারা ভাগ করিলে দুই ভাগফল হয় এবং এগার অবশিষ্ট থাকে।



(১)

এখন, যেহেতু মাপটিতে পূর্ণসংখ্যা স্থানে 2 আছে, সুতরাং, 'লকিং স্ক্রু' দুইটিকে ঢিলা করিয়া লইয়া 'স্লাইডিং-জ'কে এমনভাবে সরাও যাহাতে ভার্নিয়ারের 0 চিহ্নিত লাইনটি বীম স্কেলের বড় অঙ্ক 2 চিহ্নিত লাইনের সহিত মিলিয়া যায়। (যেমন, ১নং ছবি)

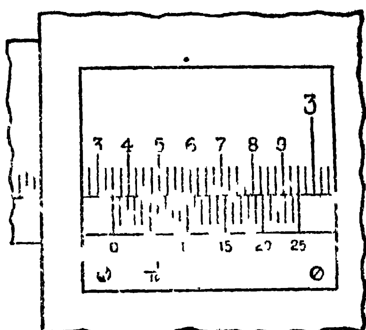


(২)

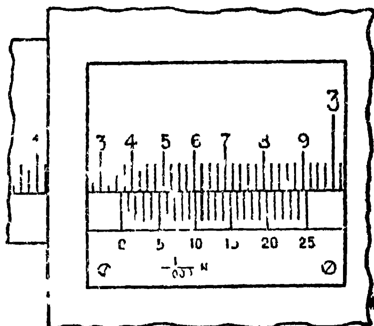
পরে, যেহেতু দশমিক বিন্দুর ঠিক ডানদিকে 3 অঙ্ক আছে, সুতরাং 'স্লাইডিং জ'কে আরও ডানদিকে সরাইয়া ভার্নিয়ারের 0 চিহ্নিত লাইনকে বীম-স্কেলের ছোট অঙ্ক 3 চিহ্নিত লাইনের সহিত মিলাও। (যেমন, ২নং ছবি)

এইবার, যেহেতু দশমিক বিন্দুর ডানদিকের প্রথম অঙ্ক 3কে লইলে উহার

ঠিক পরে 61 সংখ্যা থাকে এবং এই 61-কে পঁচিশ দ্বারা ভাগ করিলে দুই ভাগফল হয়, সুতরাং 'স্লাইডিং-জ'কে আরও ডানদিকে এমন সরাও যাহাতে ভার্নিয়ারের 0 চিহ্নিত লাইনটি বীম স্কেলের সর্ব্বাপেক্ষা ছোট লাইনের দ্বিতীয় লাইনটির সহিত মিলে (যেমন ৩নং ছবি)।



এখন, যেহেতু উপরের 61 সংখ্যাকে পঁচিশ দ্বারা ভাগ করায় এগার ভাগাবশিষ্ট পাওয়া গিয়াছে সুতরাং 'লকিং-স্ক্রু'টিকে আটকাইয়া লইয়া 'এডজাষ্টিং-স্ক্রু'কে এমনভাবে ঘুরাও যাহাতে ভার্নিয়ারের এগার সংখ্যক লাইনটি বাম স্কেলের একটি লাইনের ঠিক মিলিয়া যায় (যেমন, ৪নং ছবি)

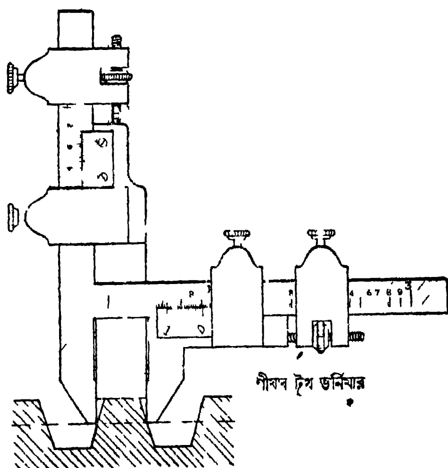


'স্লাইডিং-জ'এর এই সর্ব্বশেষ অবস্থানই ঐ 2 361 ইঞ্চ মাপ দেখায়।

এইবার, বামদিকের 'লকিং-স্ক্রু'টিকে আটকাও।

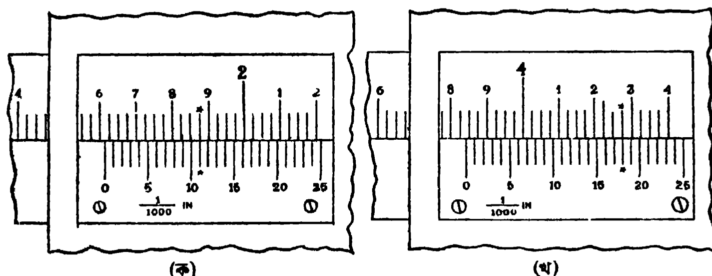
গীয়ার-টুথ ভার্নিয়ার (Gear Tooth Vernier)

—ইহা দ্বারা গীয়ারের দাঁতের বিভিন্ন অংশ সূক্ষ্মভাবে মাপ করা যায়। পার্শ্বে, ইহার একটি ছবি দেওয়া হইল।


গীয়ার টুথ ভার্নিয়ার

অনুশীলনী (নং ৩) :—

১। নীচে (ক) এবং (খ) ছবিতে ভার্নিয়ার ক্যালিপার্সের যে যে মাপ (ইঞ্চে) দেখান আছে, উহা পড়।



(ক) (খ)

২। ভার্নিয়ার ক্যালিপার্সে ইঞ্চের নিম্নলিখিত মাপগুলি তোল।

2·196 ; 3·621 ; 0·603.

1·599 ; 4·098. 2 333.

ভার্নিয়ার হাইট গেজ

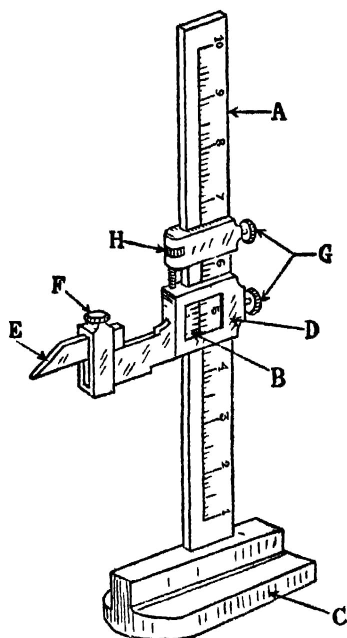
(Vernier Height Gauge)

'ভার্নিয়ার ক্যালিপার্স'-এ বীম-স্কেলের সহিত যে রকমের এবং যে ভাবে ভার্নিয়ার যোগ করা থাকে ইহাতেও ঠিক তাহাই থাকে। ফলে, ইহা দ্বারাও এক ইঞ্চের এক হাজার ভাগের একভাগ ($=\frac{1}{1000}=0·001$ ইঞ্চ) পর্য্যন্ত মাপ লওয়া যায়।

ইহার বিভিন্ন অংশের নাম—

A=বীম (Beam), B=ভার্নিয়ার (Vernier), C=বেস (Base), D=স্লাইডিং হেড (Sliding Head), E=স্ক্রাইবার

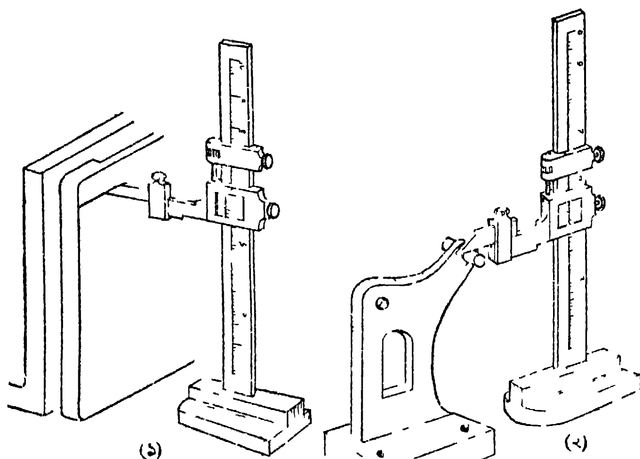
(Scriber), F=সেট-স্ক্রু (Set Screw), G=লকিং-স্ক্রু (Locking Screw), H=এডজাষ্টিং স্ক্রু (Adjusting Screw)।



বীম অংশটি একটি সমতল ধাতু-খণ্ডের (Base) উপব লম্বভাবে বসান। 'ভার্নিয়ার ক্যালিপাস'-এব 'স্লাইডিং-জ'এর মত ইহাব 'স্লাইডি হেড'টির সহিত ভার্নিয়ার স্থায়ীভাবে আটকান। মাত্র পার্থক্য এই যে, ইহাব সহিত 'স্ক্রাইবাব' (E) নামেব একটি ছোট সমতল অংশ লাগান আছে। এই স্ক্রাইবারের মুখটি ক্রমশঃ ঢালু (bevelled) কবা। সেট-স্ক্রু (F)-এর সাহায্যে ইহাকে লাগান বা খোলা হয়।

সারফেস-প্লেটের উপর রাখিয়া 'সারফেজ-গেজ' কিংবা 'মার্কিং ব্লক' দ্বারা লম্ব উপবিভাগের উপব বিভিন্ন উচ্চতায় যে ভাবে সোজা লাইন টানা হইয়া থাকে স্ক্রাইবাব (F)-এর সাহায্যে ইহা দ্বারাও ঐ বকম লাইন টানিতে পারা যায় (যেমন, পবের পৃষ্ঠায় ১নং ছবি)। ইহা ভিন্ন, সারফেস প্লেট বা ঐ জাতীয় কোন সমতল উপরিভাগ হইতে অন্য কোন অংশের উপরিভাগ কত উচ্চে আছে অথবা দুইটি অংশের মধ্যে একটি অপরটি হইতে কত উচ্চে বা নীচে আছে উহার মাপও ইহা দ্বাবা জানা যায় (যেমন, পরের পৃষ্ঠায় ২নং ছবি)। শেষেব এই কাজে যন্ত্রটি প্রায়ই ব্যবহৃত হয় বলিয়াই ইহার নাম 'হাইট গেজ'। সাধারণতঃ ইহা দ্বারা উপরদিকের উপরিভাগের উচ্চতা মাপ করা হইলেও স্ক্রাইবারটির তলদেশকে উপরে রাখিয়া লইলে এই যন্ত্র দ্বারা তলদেশের উচ্চতাও মাপ করিতে পারা যায়।

মাপ পড়া—'ভার্নিয়ার ক্যালিপার্সের' বেলায় মাপ পড়া বা মাপ তোলা যে নিয়মে করা হয় ইহার বেলায়ও উহা ঐ নিয়মে করা হইয়া থাকে। সাধারণ



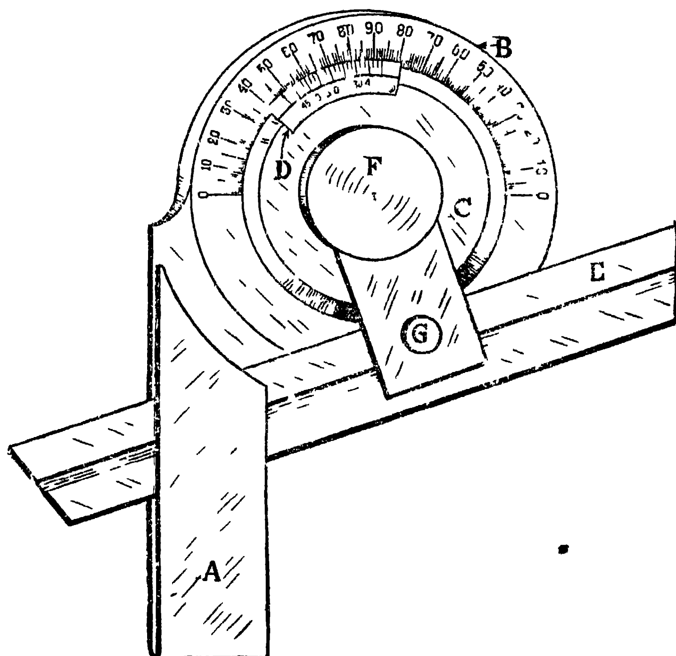
রকম 'ভার্নিয়ার হাইট গেজ'-এ দেখা যায় যে, 'স্লাইডিং হেড'টির 0 চিহ্নিত লাইনটি যখন বীম-স্কেলের সর্ব্বনিম্ন লাইনটির সহিত মিলে তখন স্ক্রাইবারের মুখ যন্ত্রটির তলদেশ হইতে ঠিক এক ইঞ্চ উচ্চে থাকে। এই কারণেই ইহাতে বীম-স্কেলের উপর 0-র পরিবর্ত্তে এক ইঞ্চ হইতে বিভাগ চিহ্ন আরম্ভ করা থাকে।

———

ভার্নিয়ার বিভেল প্রট্রাক্টর
(Vernier Bevel Protractor)

সাধারণ রকম 'বিভেল-প্রট্রাক্টর' (যেমন, 'কম্বিনেশন-সেট'এ থাকে) দ্বারা এক ডিগ্রির কম কোন কোণ (angle) মাপ করা যায় না। কিন্তু, 'ভার্নিয়ার বিভেল-প্রট্রাক্টর' দ্বারা উহা পারা যায়। ইহা দ্বারা সাধারণতঃ এক ডিগ্রির বার ভাগের একভাগ, অর্থাৎ পাঁচ মিনিট পর্য্যন্ত কোণ মাপ করা চলে।

'ভার্নিয়ার বিভেল প্রট্রাক্টর' বিভিন্ন রকম গঠনের হয়। উহাদের মধ্যে নীচে এক রকমের ছবি দেওয়া হইল—



ইহার বিভিন্ন অংশের নাম—

A—ষ্টক (Stock)।

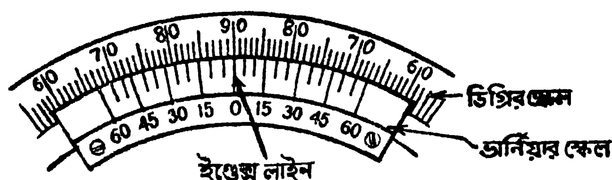
B—ডায়াল (Dial)। ইহার উপরদিকের অর্দ্ধাংশের ডান এবং বাম দিক সমভাবে এক এক ডিগ্রি ক্রম ভাগ করা। মধ্যস্থলে নব্বই ডিগ্রির লাইনটিকে রাখিয়া ইহার বামদিক শূন্য হইতে নব্বই ডিগ্রি এবং ডানদিক নব্বই হইতে শূন্য ডিগ্রি পর্য্যন্ত মাপ দেখায়। ইহা ভিন্ন, গণনার সুবিধার জন্য প্রত্যেক পঞ্চম ডিগ্রি বড় লাইন দ্বারা এবং প্রত্যেক দশম ডিগ্রি 10, 20, 30 ইত্যাদি ক্রমে অঙ্ক দ্বারা চিহ্নিত।

'ডায়াল'-এর উপরের এই ভাগগুলির প্রত্যেকটি এক ডিগ্রি পরিমাণ

বলিয়া ইহাকে 'ডিগ্রি স্কেল'ও বলে। ইহা ভিন্ন, 'ভার্নিয়ার স্কেল' ইহার ভিত্তিতেই তৈয়ারী হইয়া থাকে বলিয়া ইহাকে 'প্রধান স্কেল'ও বলা হয়।

C—ডিস্ক (Disc)। ইহার উপরে ভার্নিয়ার অংশ স্থায়ীভাবে বসান 'ক্ল্যাম্প-নাট' (F)-কে ডানদিকে ঘুরাইলে ইহা 'ডায়াল' (B)এর সহিত যুক্ত হইয়া যায়।

D—ভার্নিয়ার (Vernier) স্কেল। ইহা 'ডিস্ক'এর সহিত স্থায়ীভাবে আটকান। ইহার মধ্যস্থল 0 চিহ্নিত লাইন আছে এবং বাম ও ডানদিক সমভাবে ভাগ করা। এই 0 চিহ্নিত লাইনই সকল সময় বিভিন্ন কোণ মাপ নির্দ্দেশ করে বলিয়া ইহাকে 'ইণ্ডেক্স' (Index) বা 'ডেটাম' (Datum) লাইন বলা হয়। 'ডায়াল' (B)-এর উপর যে ডিগ্রির ভাগগুলি আছে উহার তেইশটি ভাগ ভার্নিয়ারের পরিধিতে যে স্থান অধিকার করে ঐ স্থানকেই ভার্নিয়ারের বারটি ভাগে ভাগ করা। ফলে, এইক্ষেত্রে ভার্নিয়ারটির 'কনষ্ট্যাণ্ট' (Constant) অর্থাৎ, নিয়তাঙ্ক $\frac{1}{12}$ হয় এবং ভার্নিয়ারের যে লাইনটি 'ডায়াল'-এর লাইনের সহিত ঠিক মিলিয়া যায়, 0 হইতে ঐ লাইন পর্য্যন্ত প্রতিটি লাইন $\frac{1}{12}$ ডিগ্রি, অর্থাৎ $\frac{1}{12}\times 60=5$ মিনিট কোণ বুঝায়। গণনার সুবিধার জন্য ভার্নিয়ারে বারটি ভাগের প্রত্যেক তৃতীয় ভাগের লাইন মিনিট মাপের **15, 30, 45, 60** অঙ্ক দ্বারা চিহ্নিত করা। নীচের ছবিতে ইহা দেখান আছে।



'ভার্নিয়ার স্কেল' হইতে মিনিট কোণের মাপ পাওয়া যায় বলিয়া ইহাকে 'মিনিট স্কেল'ও বলা হয়।

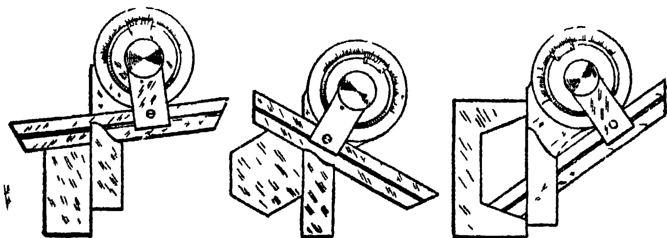
E—ব্লেড (Blade)। ইহা ষ্টক (A)-এর মধ্য দিয়া ঘোরে। 'ক্ল্যাম্প স্ক্রু' (G)-কে ঢিলা করিলে ইহাকে লম্বাদিকেও সরান যায়, এমন কি একটি ব্লেডের পরিবর্ত্তে ঐস্থানে অন্য একটি ব্লেডকেও পরান যায়। কোণ মাপার

এময় ক্ল্যাম্প-স্ক্রু (G)-র সাহায্যে ইহাকে ডিস্কের সংলগ্ন সমতল খণ্ডের সহিত আটকাইয়া লওয়া হয়।

F—ক্ল্যাম্প নাট (Clamp Nut)। ইহাকে ঘুরাইয়া 'ডিস্ক' (C)-কে 'ডায়াল' (B)-এব সহিত আটকান বা ঢিলা করা হয়।

G—ক্ল্যাম্প স্ক্রু (Clamp Screw)। ইহাকে ঘুবাইয়া ব্লেডকে লম্বাদিকে সরান হয় বা উহাকে প্রয়োজন মত যে কোন স্থানে আটকাইয়া রাখা হয়।

প্রট্রাক্টরটির সম্পর্কে লক্ষ্য করার বিষয় এই যে, ইহার ষ্টকের বাম পার্শ্ব এবং ব্লেডের তল এই দুই-এর মধ্যের যে কোণ উহার মাপই ইহাতে সর্ব্বদা বাহির হয়। এই কারণে, যে কোণ মাপ করিতে হইবে উহাকে সর্ব্বদা এই অংশ দুইটিব মধ্যে মিল কবিয়া রাখার প্রয়োজন হইয়া থাকে। এইভাবে মিল কবিলে ভার্নিয়াবেব 0 চিহ্নিত 'নির্দ্দেশক' (Index) লাইনটি ডায়াল-এর (অর্থাৎ, প্রধান স্কেলেব) উপব যে সংখ্যক লাইনের সহিত মিলিয়াছে দেখা যায়, কোণেব মাপ তত পূর্ণ ডিগ্রি হয়। ইহা ভিন্ন লক্ষ্য হয় যে, ব্লেড যখন সম্পূর্ণ ভূমি-সমান্তরাল (horizontal) ভাবে থাকে, কোণের পরিমাণ তখন ঠিক 90° হয়। আর, ব্লেডেব বাম অংশ যখন ভূমি-সমান্তর অবস্থান হইতে নীচে নামিয়া আসে, তখন কোণের পবিমাণ 90° হইতে কম এবং যখন উপরে উঠে তখন উহা 90° হইতে বেশী হয়। শেষের ক্ষেত্রে, ভার্নিয়াবেব 0 চিহ্নিত লাইন ডায়ালে যত ডিগ্রি দেখায় উহাকে 180 ডিগ্রি হইতে বিয়োগ করিলে প্রকৃত কোণের মাপ বাহির হইয়া থাকে।



'ভার্নিয়ার বিভেল প্রট্রাক্টর' দ্বারা যেভাবে বিভিন্ন অংশের কোণ মাপ করা হইয়া থাকে উহার তিনটি উদাহরণ উপরে দেওয়া হইল।

প্রট্রাক্টর দ্বারা মাপ করা—যে কোণ মাপ করিতে হইবে প্রথমে উহার পরিমাণ অনুমান কর এবং 'ক্ল্যাম্প-নাট' (F)-কে ঢিলা করিয়া লইয়া ব্লেডকে ডান বা বামদিকে (কোণ 90°-র বেশী হইলে ডানদিকে এবং 90°-র কম হইলে বামদিকে) এমন ঘুরাও যাহাতে ঐ কোণ ব্লেডের তল এবং ষ্টকের বাম পার্শ্ব এই দুই-এর মধ্যে মোটামুটিভাবে আসে। এখন, যন্ত্রটিকে এমন ভাবে ধর যাহাতে যে খণ্ডটির কোণ মাপ করিতে হইবে উহার গায়ে ষ্টকের বাম পার্শ্ব স্পর্শ করে। লক্ষ্য কর যে, ব্লেডের তল খণ্ডটির সংলগ্ন অপর পার্শ্বের সহিত মিলিয়াছে কিনা। যেহেতু, প্রথমে কোণকে অনুমানে লওয়া হইয়াছে, এই কারণে ব্লেডের তল ঐ পার্শ্বের সহিত সাধারণতঃ না মিলাই সম্ভব। যাহাতে ঠিক মিল হয়, এইজন্য এইবার 'ক্ল্যাম্প-নাট' (F)-কে ঢিলা করিয়া ব্লেডকে আবশ্যক মত ঘুরাইয়া লও এবং ব্লেডের তল যদি এই সময় পার্শ্ব টির অতি সামান্য স্থানেব উপব অবস্থান করিতেছে লক্ষ্য হয়, তাহা হইলে যাহাতে উহা যথাসম্ভব বেশী স্থানের উপরে থাকে এই উদ্দেশ্যে 'ক্ল্যাম্প-নাট'টিকে আটকাইয়া লইয়া 'ক্ল্যাম্প স্ক্রু' (G)-কে ঢিলা কর এবং ব্লেডকে বামদিকে প্রয়োজন মত সরাও। এইবার, 'ক্ল্যাম্প-স্ক্রু'টিকে আটকাইয়া লইয়া লক্ষ্য কর যে, ভার্নিয়ারের 0 চিহ্নিত লাইনটি ডায়ালের কোন বিভাগ চিহ্নের সহিত ঠিক মিলিয়াছে। এই সময় যদি দেখা যায় যে, লাইনটি কোন বিভাগ চিহ্নের সহিত ঠিক মিলে নাই এবং উহা দুইটি বিভাগ চিহ্নের মধ্যবর্ত্তী স্থানে আছে, তাহা হইলে, যে সংখ্যক লাইনকে অতিক্রম করার পর এই মধ্যবর্ত্তী স্থানে আছে কোণের মাপ তত ডিগ্রি ইহা বুঝিতে হয়। এখন, ভার্নিয়ারের দিকে লক্ষ্য কর যে, উহার কোন লাইনটি 'ডায়ালের' বিভাগ চিহ্নের সহিত ঠিক মিলিয়াছে। ভার্নিয়ারের যত সংখ্যক লাইন এইভাবে মিলে উহাকে পাঁচ দ্বারা গুণ কর এবং যত গুণফল হয় তত মিনিটকে পূর্ব্বে বাহির করা ডিগ্রি মাপের সহিত যোগ কর। এই যোগফলই নির্ণেয় কোণের মাপ।

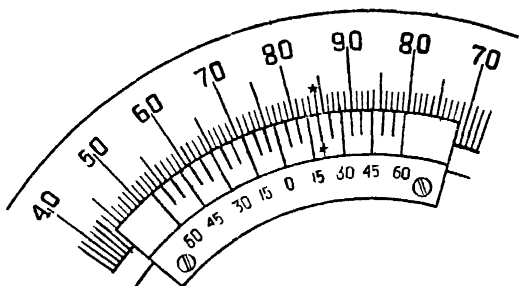
এইক্ষেত্রে মনে রাখা উচিত যে, ব্লেডকে যদি প্রথমে ভূমি-সমান্তর অবস্থায় ডানদিকে ঘুরান হইয়া থাকে তাহা হইলে 'প্রট্রাক্টর' হইতে প্রকৃত কোণ মাপ

পাওয়ার জন্য 180 হইতে ডায়ালে দেখান কোণ মাপকে বিয়োগ করিয়া লওয়ার প্রয়োজন হইবে

প্রট্রাক্টরে দেখান মাপ পড়া—

উদাহরণ :—

(ক) ভার্নিয়ার বিভেল প্রট্রাক্টরে নীচের ছবির মত কোণ মাপ দেখায় উহা কত তাহা পড়।



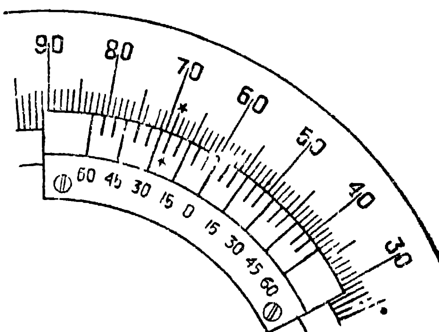
ইহাতে দেখা যায় যে, ভার্নিয়ারের 0 চিহ্নিত লাইনটি ডায়ালেব 90 চিহ্নিত লাইনের বামদিকে আছে এবং 76 সংখ্যক লাইনকে অতিক্রম কবিয়া 76 এবং 77 সংখ্যক লাইনেব মধ্যবর্ত্তী স্থানে আছে। উপরন্তু, ভার্নিয়ারের 0 চিহ্নিত লাইনের ডানদিকে উহার চতুর্থ লাইনটি (তারকা চিহ্নিত) ডায়ালেব একটি বিভাগ চিহ্নেব সহিত মিলিয়াছে। সুতবাং—

ডায়ালের 76 সংখ্যক লাইন = 76 ডিগ্রি

ভার্নিয়ারেব চারিটি লাইন $= 4 \times 5 = 20$ মিনিট

যোগফল = 76 ডিগ্রি 20 মিনিট

অতএব, দেখান কোণটির মাপ = 76°20′, উত্তর।



(খ) ভার্নিয়ার বিভেল প্রট্রাক্টরে দেখান কোণের মাপ পড়।

ইহাতে দেখা যায় যে, ভার্নিয়ারের 0 চিহ্নিত লাইনটি ডায়ালের 90 চিহ্নিত লাইনের ডানদিকে

আছে এবং উহা 59-কে অতিক্রম করিয়া 60-র নিকটে আছে। উপরন্তু, ভার্নিয়ারের 0 চিহ্নিত লাইনের বামদিকে পঞ্চম লাইনটি (তারকা চিহ্নিত) ডায়ালের একটি বিভাগ চিহ্নের সহিত মিলিয়াছে। সুতরাং—

ডায়ালের 59 সংখ্যক লাইন ॥ 59 ডিগ্রি

ভার্নিয়ারের পাঁচটি লাইন $=5\times5=25$ মিনিট

যোগফল $=59$ ডিগ্রি 25 মিনিট

এখন, যেহেতু ইহাতে ভার্নিয়ারের 0 চিহ্নিত লাইন ডায়ালের 90 চিহ্নিত লাইনের ডানদিকে আছে, এই কাবণে 180 ডিগ্রি হইতে এই মাপকে বিয়োগ করিতে হইবে। অতএব, দেওয়া কোণের মাপ $=180^\circ-59^\circ\ 25'=120^\circ\ 35'$, উত্তর।

ভার্নিয়ার বিভেল প্রট্রাক্টরে কোণ মাপ তোলা—প্রথমে, 'ক্ল্যাম্প-স্ক্রু' (G)-কে ঢিলা করিয়া ব্লেডকে প্রয়োজন মত বামদিকে সরাও। পরে, ঐ 'ক্ল্যাম্প স্ক্রু'কে আটকাইয়া লইয়া 'ক্ল্যাম্প-নাট' (F)-কে ঢিলা কর এবং দেখ যে, দেওয়া মাপটিতে ডিগ্রির অঙ্ক কত আছে। ইহা যদি 90° হইতে কম হইয়া থাকে, তাহা হইলে ব্লেডকে বামদিকে এমন ঘুরাও যাহাতে ভার্নিয়ারের 0 চিহ্নিত লাইনটি (Index line) ডায়ালের ঐ সংখ্যক লাইনের সহিত মিলে। এইবার, দেওয়া মাপে যত 'মিনিট' কোণ আছে উহাকে পাঁচ দিয়া ভাগ কর এবং ব্লেডকে অতি ধীরে এমন ঘুরাও যাহাতে ভার্নিয়ারের ঐ ভাগফল সংখ্যক লাইনটি ডায়ালের একটি বিভাগ চিহ্নের সহিত ঠিক মিলিয়া যায়।

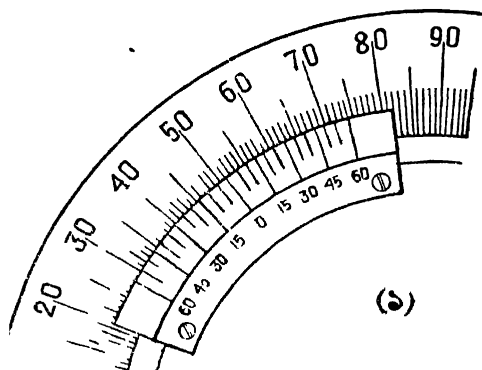
আব, যদি দেওয়া কোণের মাপ 90° হইতে বেশী হইয়া থাকে, তাহা হইলে 180° হইতে উহাকে বিয়োগ কব এবং ব্লেডকে ডানদিকে এমন ঘুবাও যাহাতে ভার্নিয়ারের 0 চিহ্নিত লাইনটি ডায়ালেব ঐ বিয়োগফল সংখ্যক লাইনের সহিত মিলিয়া যায়। এখন, বিয়োগফলে যত 'মিনিট' কোণ বাহির হইয়াছে উহাকে পাঁচ দিয়া ভাগ করিলে যত ভাগফল হয় ব্লেডকে অতি ধীরে ডানদিকে এমন ঘুরাও যাহাতে ভার্নিয়ারের ঐ ভাগফল সংখ্যক লাইনটি ডায়ালের একটি বিভাগ চিহ্নের গহিত মিলিয়া যায়।

এইবার 'ক্ল্যাম্প নাট' (F)-কে ঘুরাইয়া আটকাও। ইহাতেই মাপ তোলার কাজ শেষ হয়।

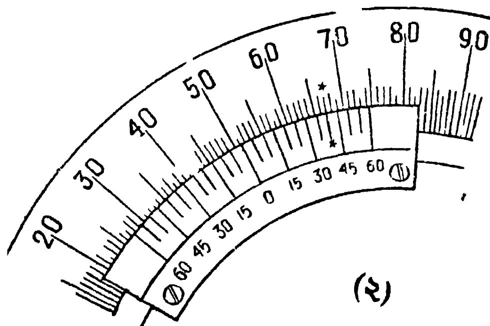
উদাহরণ ঃ—

(ক) ভার্নিয়ার বিভেল প্রট্রাক্টরে 51°40′ মাপ তোল।

'ক্ল্যাম্প স্ক্রু'কে ঢিলা করিয়া ব্লেডকে প্রয়োজন মত বামদিকে সরাইবার পর 'ক্ল্যাম্প-স্ক্রু টিকে আটকাইয়া লও এবং ক্ল্যাম্প নাট'কে ঢিলা কর। এখন, যেহেতু কোণটি 90° র কম, এই কারণে, ব্লেডকে বামদিকে ঘুরাইয়া ভার্নিয়ারের 0 চিহ্নিত লাইনকে ডায়ালের 51 সংখ্যক লাইনের সহিত মিলাও। (যেমন—১ নং ছবি)।



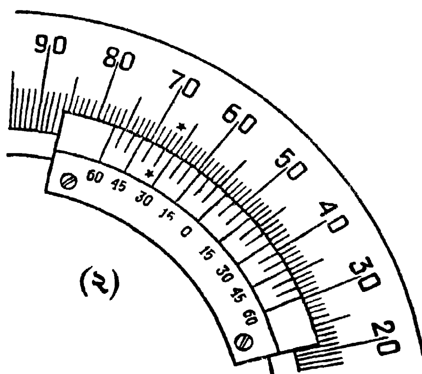
এইবার দেওয়া মাপে যে 40 মিনিট কোণ আছে উহাকে পাঁচ দিয়া ভাগ কর। যেহেতু, ইহাতে ভাগফল আট বাহির হইল, সুতরাং ব্লেডকে এখন অতি ধীরে বামদিকে এমনভাবে ঘুরাও যাহাতে ভার্নিয়ারের 0 চিহ্নিত লাইনের ডানদিকের অষ্টম লাইনটি ডায়ালের একটি বিভাগ চিহ্নের সহিত মিলে (তারকা চিহ্নিত স্থান ২ নং ছবি দেখ)। 'ক্ল্যাম্প নাট'কে ঘুরাইয়া এখন আটকাও।



(খ) ভার্নিয়ার বিভেল প্রট্রাক্টরে 126°25′ মাপ তোল।

প্রথমে 'ক্ল্যাম্প-স্ক্রু'কে ঢিলা করিয়া ব্লেডকে প্রয়োজন মত বামদিকে সরাও; পরে 'ক্ল্যাম্প-স্ক্রু'কে আটকাইয়া 'ক্ল্যাম্প নাট'কে আল্‌গা কর। এইবার, যেহেতু দেওয়া কোণটির পরিমাণ 90°-র বেশী, সুতরাং, 180° হইতে উহাকে বিয়োগ কর। ইহাতে বিয়োগফল 53°35 বাহির হইল। এখন, ব্লেডকে ডানদিকে ঘুরাইয়া ভার্নিয়ারের 0 চিহ্নিত লাইনকে ডায়ালের 90 চিহ্নিত লাইনের ডানদিকের 53 সংখ্যক লাইনের সহিত মিলাও ১নং ছবি দেখ)।

(১)

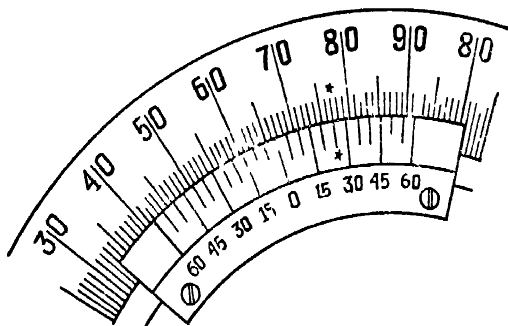


(২)

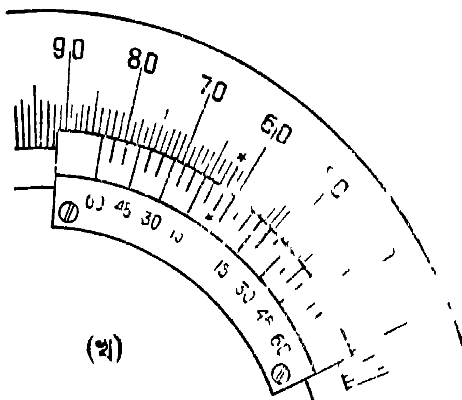
এইবার, বিয়োগফলে যে 35 মিনিট কোণ পাওয়া গিয়াছে উহাকে পাঁচ দিয়া ভাগ কর; ভাগফল সাত বাহির হইল। সুতরাং, ব্লেডকে এখন ডানদিকে ধীরে ধীরে এমনভাবে ঘুরাও যাহাতে ভার্নিয়ারের 0 চিহ্নিত লাইনের বামদিকের সপ্তম লাইনটি ডায়ালের একটি বিভাগ চিহ্নের সহিত ঠিক মিলে (তারকা চিহ্নিত স্থান ২নং ছবি দেখ)। 'ক্ল্যাম্প নাট'কে ঘুরাইয়া এখন আটকাও

অনুশীলনী (নং ৪) :—

১। নীচে ভার্নিয়ার বিভেল প্রট্রাক্টরে (ক) এবং (খ) ছবির মত কোণ মাপ দেখায়। এই মাপ কত তাহা পড়।



(ক)



(খ)

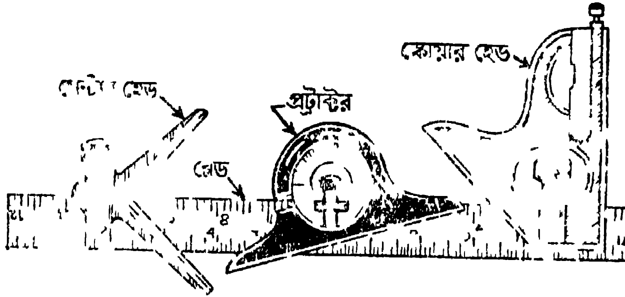
২। নিম্নলিখিত কোণ মাপগুলি ভার্নিয়ার বিভেল প্রট্রাক্টরে তোল

42° 15 , 148° 25′, 20° 10′

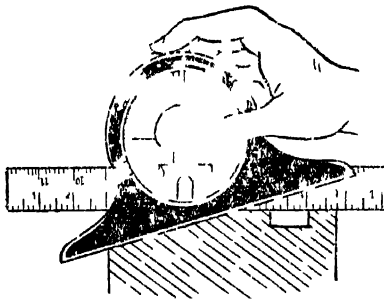
125° 40′, 76° 20′, 147° 35′

কম্বিনেশন সেট (Combination Set)

'সেণ্টার হেড', 'স্কোয়াব হেড', 'ব্লেড' এবং 'প্রট্রাক্টর' এই কয়টিকে একত্র 'কম্বিনেশন সেট' বলা হয়। ইহা প্রকৃতপক্ষে একটি 'কম্বিনেশন স্কোয়ার'-এর (প্রথম খণ্ডের ১৮৫ পৃষ্ঠা দেখ) সহিত 'প্রট্রাক্টর' অংশ যোগ করা।



'কম্বিনেশন স্কোয়াব'-এ মাত্র প্রথম তিনটি অংশ থাকে। উহা দ্বারা 45° ভিন্ন অন্য কোণ কোণ (angle) মাপ করা যায় না। কিন্তু, 'কম্বিনেশন সেট'-এ 'প্রট্রাক্টব' অংশটি থাকায় ইহা দ্বাবা যে কোন কোণ মাপ কবা চলে। 'কম্বিনেশন স্কোয়াব'-এর বেলায় ব্লেডকে যেভাবে স্কোয়ার হেড' কিংবা 'সেণ্টার হেড'-এব মধ্য দিয়া সবান যায় ইহাব বেলায়ও উহাকে 'প্রট্রাক্টব'-এব মধ্য দিয়া সরান যায়। 'কম্বিনেশন স্কোয়ার' যে সকল কাজে ব্যবহার করা হইয়া



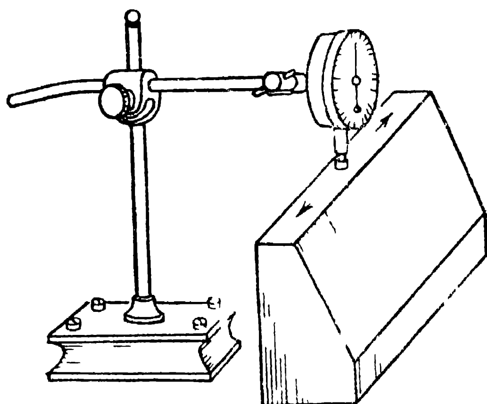
থাকে ইহাকেও ঐ সকল কাজে ব্যবহার কবা চলে। পার্শ্বে 'কম্বিনেশন-সেট'এর 'প্রট্রাক্টর' অংশ দ্বারা মাপ লওয়ার উদাহরণ দেখান হইয়াছে।

ইহা সূক্ষ্ম যন্ত্র। সুতরাং, যত্নের সহিত ইহাকে ব্যবহার করা এবং সংরক্ষণ করা উচিত।

ডায়াল গেজ (Dial Gauge)

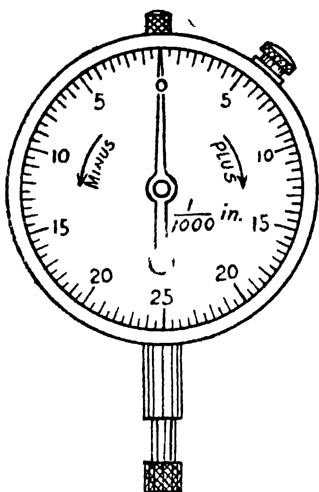
ইহার অপর নাম 'ডায়াল টেষ্ট ইণ্ডিকেটর' (Dial Test Indicator) অথবা 'ক্লক্ ইণ্ডিকেটর' (Clock Indicator)।

সারফেস প্লেট অথবা এই জাতীয় কোন একটি নির্দ্দিষ্ট উপরিভাগের সহিত ধাতুখণ্ডের কোন উপরিভাগ সমান্তর (Parallel) আছে কিনা তাহা যখন সারফেস-গেজ যন্ত্র দ্বারা পরীক্ষা করা হয় তখন অসুবিধা হয় এই যে—ঐ সমান্তরতার তারতম্য অন্য কাহাকেও বুঝান যায় না। কারণ, উহা একমাত্র অনুভব দ্বারাই স্থির করিতে হয়। অনুভব শক্তি সকলের এক রকম থাকে না। এই জন্য পরীক্ষায় ব্যতিক্রম হওয়ার আশঙ্কা সর্ব্বদাই থাকে। 'ডায়াল-গেজ' যন্ত্র দ্বারা পরীক্ষা করিলে আর এই অসুবিধা হয় না। ইহার সাহায্যে তারতম্যের মাত্রা এক ইঞ্চের এক হাজার ভাগের এক ভাগ ক্রমে (কোন কোন ক্ষেত্রে উহা এক ইঞ্চের দশ হাজার ভাগের এক ভাগ ক্রমে) জানিতে পারা যায়। পার্শ্বে 'ডায়াল গেজ'-এর একটি ছবি দেওয়া হইল।



গঠনের দিক হইতে ইহা প্রায় 'সারফেস গেজ'-এর মতই। মাত্র পার্থক্য এই যে—ইহাতে স্ক্রাইবারের পরিবর্ত্তে একটি গোল বড় বর্ত্তমান এবং উহার প্রান্তে ঘড়ির মত একটি অংশ লাগান। এই ঘড়িটিকে বিভিন্ন ভাবে রাখা যায়। ইহার ভিতরের যান্ত্রিক ব্যবস্থা খুব সূক্ষ্ম ধরণের। ইহার নীচের দিকে একটি সরু রড বাহির করান থাকে। এই রডটিকে 'প্লাঞ্জার' (Plunger) বলে। এই প্লাঞ্জারকে নীচ হইতে উপর দিকে চাপ দিলে উহা ঘড়ির ভিতরে ঢুকিয়া যায় এবং কাঁটাকে ঘুরায়।

সাধারণতঃ 'ডায়াল গেজ'-এর ঘড়ির পরিধি একশত ভাগে ভাগ করা থাকে।

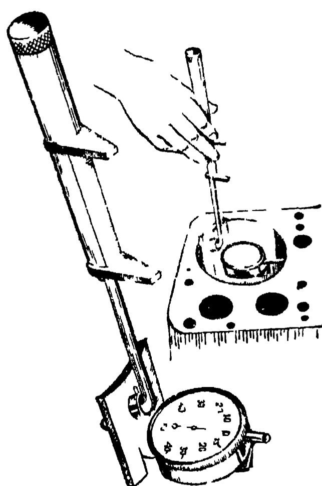


ইহার প্রত্যেকটি ভাগ প্লাঞ্জারের এক ইঞ্চের এক হাজার ভাগের এক ভাগ ($\frac{1}{1000}$ ইঞ্চ = 000·1 ইঞ্চ) উপর দিকে উঠাকে নির্দ্দেশ করে,—অর্থাৎ প্লাঞ্জার এক ইঞ্চের এক হাজার ভাগের যত ভাগ মাপ উপরের দিকে উঠে ঘড়ির কাঁটাটি ঘড়ির তত সংখ্যক লাইনের উপরে আসে; ফলে, ঘড়ির কাঁটা যখন পূর্ণ এক পাক ঘোরে তখন প্লাঞ্জার এক ইঞ্চের এক হাজার ভাগের একশত ভাগ (= 0·1 ইঞ্চ) উপর দিকে উঠিয়াছে ইহা বুঝা যায়। ইহা ভিন্ন, আর এক রকমের 'ডায়াল-গেজ'ও প্রায়ই ব্যবহৃত হয়। যাহার মধ্যস্থলে 0 এবং বাম ও ডানদিকের প্রতিটি অৰ্দ্ধ সমান পঁচিশ ভাগে ভাগ করা থাকে। উপরে ইহারই ছবি দেওয়া হইয়াছে। বামদিকের বিভাগগুলি প্লাঞ্জারের নীচের দিকে নামার মাপকে এবং ডানদিকের বিভাগগুলি উহার উপরের দিকে উঠার মাপকে বুঝাইবার জন্য নির্দ্দিষ্ট। বামদিকের বিভাগ ঘাটতি মাপের জন্য বলিয়া ঐস্থানে ডায়ালের উপরে বিয়োগ (Minus) এবং ডানদিকের বিভাগ বাড়তি মাপের জন্য বলিয়া ঐস্থানে যোগ (Plus) কথা লেখা আছে।

ব্যবহার প্রণালী—মনে কর, একই সমতল স্থানের উপরে A এবং B দুইটি ধাতুখণ্ড বসান আছে এবং A-র উপরিভাগ B-র উপরিভাগের সহিত ঠিক সমান উচ্চে আছে কিনা তাহা পরীক্ষা করিতে হইবে। উপরন্তু, সমান উচ্চে না থাকিলে A হইতে B কত উচ্চে বা নীচে আছে তাহারও মাপ জানিতে হইবে। সুতরাং, 'ডায়াল-গেজ'-এর প্লাঞ্জারের মুখটিকে প্রথমে A-র ঐ নির্দ্দিষ্ট উপরিভাগের উপর রাখ এবং সেট-স্ক্রুর সাহায্যে ঘড়ির ডায়ালটিকে

ঘুরাইয়া কাঁটাটিকে উহার 0 তে মিলাও। পরে, গেজটিকে সরাইয়া আনিয়া উহার প্লাঞ্জারটিকে B-এর উপরিভাগের উপর অতি যত্নে রাখ এবং দেখ যে, ঘড়ির কাঁটাটি যোগ এবং বিয়োগ লিখিত অঙ্কের কোন অঙ্কে এবং কত সংখ্যক বিভাগ চিহ্নের উপরে আছে। যদি কাঁটাটি যোগ লিখিত অঙ্কে থাকিয়া থাকে তাহা হইলে তুলনায় Bর উপরিভাগ ঐ পরিমাণ উপরে আছে, আর, যদি উহা বিয়োগ লিখিত অঙ্কে থাকিয়া থাকে, তাহা হইলে ঐ পরিমাণ নীচে আছে, ইহা স্থির হয়। এইবার, যত সংখ্যক বিভাগ চিহ্নের উপর কাঁটাটি আছে উহার ডানদিক হইতে তিনটি অঙ্কের বামে দশমিক বিন্দু বসাও এবং উহার বামে পূর্ব্বের বেলায় '+' এবং পরের বেলায় '—' চিহ্ন দাও।

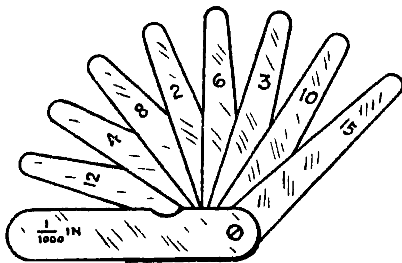
'ডায়াল গেজ' দ্বারা উপরের মত পরীক্ষা ভিন্ন, একটি ছিদ্র অপর একটি ছিদ্রের সহিত সমান্তর আছে কিনা, কোন ছিদ্র ঠিক লম্বভাবে আছে কিনা লেদ মেশিনের সাহায্যে গোল করা (turning) কোন অংশ ঠিক গোল হইয়াছে কিনা, একটি গোল অংশ অপর গোল অংশের সহিত সম-কেন্দ্রিক (concentric) হইয়াছে কিনা, ইত্যাদি বিষয় পরীক্ষা করিতে পারা যায়।



মোটর গাড়ীর সিলিণ্ডার (Cylinder)-এর ছিদ্র পরীক্ষা করার জন্য হাতলযুক্ত বিশেষ রকমের এক 'ডায়াল-গেজ'ও প্রায়ই ব্যবহার করা হয়। ইহাকে 'সিলিণ্ডার গেজ' (Cylinder Gauge) বলে। পার্শ্বে ইহার এবং ইহা ব্যবহারের ছবি দেওয়া হইল।

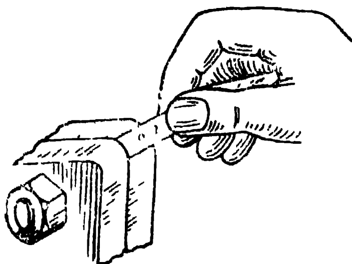
যত্ন—'ডায়াল-গেজ' খুব সূক্ষ্ম যন্ত্র। সুতরাং, ব্যবহার কালে যাহাতে ইহা কোন রকম আঘাত না পায় তাহার জন্য সর্ব্বদা বিশেষ সতর্কতা এবং যত্ন লওয়া প্রয়োজন। ব্যবহার শেষেও ইহাকে খোলা অবস্থায় ফেলিয়া না রাখিয়া সর্ব্বদা বাক্সের মধ্যে রাখা উচিত।

ভাগের দুই ভাগ, তিন ভাগ, চার ভাগ, ইত্যাদি বিভিন্ন মাপের পুরু। কোন্ ব্লেড কত পুরু তাহা উপরে অঙ্ক দ্বারা চিহ্নিত করা থাকে। যেমন, যে ব্লেডটির উপরে 4 লেখা থাকে উহা এক ইঞ্চের এক হাজার ভাগের চার ভাগ, অর্থাৎ, 0·004 ইঞ্চ পুরু ইহা বুঝায়। ব্লেডের দুইটি পার্শ্ব কোন 'গেজ'এ সমান্তর এবং কোন 'গেজ'এ ক্রমশঃ সরু (taper) করা থাকে। ব্লেডগুলির প্রত্যেকটিকে স্বতন্ত্র ভাবে কিংবা দুই তিনটিকে এক যোগে ব্যবহার করা চলে।



যেখানে দুই বা ততোধিক ব্লেডকে একযোগে ব্যবহার করা হয় সেখানে মাপ পাওয়ার জন্য ব্লেড কয়টির উপরের অঙ্ককে যোগ করিয়া লইতে হয়। এই অঙ্কের ডান দিক হইতে তিনটি অঙ্কের বামে (প্রয়োজনমত, শূন্য বসাইয়া লইয়া) দশমিক বিন্দু বসাইলেই ব্লেডের পুরু মাপ (অর্থাৎ,—প্রকারান্তরে ফাঁকের মাপ) বাহির হয়।

ব্যবহার প্রণালী—যে ফাঁকের মাপ জানিতে হইবে উহার মধ্যে ব্লেডটি যাহাতে সহজে এবং বিনা চাপে প্রবেশ করিতে পারে প্রথমে অনুমানে এই রকম একটি ব্লেড বাছিয়া লও। পরে, ব্লেডটিকে পার্শ্বের ছবির মত ধরিয়া উহাকে ফাঁকের মধ্যে ঠিক সোজাভাবে প্রবেশ করাও। বাঁকাভাবে প্রবেশ করাইলে ব্লেডের উপর ভাঁজ পড়িয়া যাওয়ার আশঙ্কা থাকে। ভাঁজ পড়া ব্লেড দ্বারা কখনও সঠিক মাপ পাওয়া সম্ভব হয় না। উহা ব্যবহারের অযোগ্য। এখন লক্ষ্য কর



যে—ব্লেড ফাঁকের মধ্যে ঢিলা বা আঁট অনুভব হইতেছে কিনা। যদি ঢিলা বা আঁট অনুভব হয়, তাহা হইলে, ব্লেড নির্ব্বাচন ঠিক হয় নাই বুঝিতে হইবে।

এইক্ষেত্রে, অন্য একটি ব্লেডকে অথবা পূর্ব্বের ব্লেডের সহিত অন্য দুই একটি ব্লেডকে প্রয়োজন মত যোগ করিয়া একযোগে আবার ঐ ফাঁকের মধ্যে প্রবেশ করাও এবং লক্ষ্য কর যে, উহা এমন কি রকম ঢিলা বা আঁট অনুভব হইতেছে। যে পরিমাণ ঢিলা বা আঁট অনুভব হইবে ঐ অনুসারে আবার ব্লেড পরিবর্ত্তন করিয়া ফাঁকের মধ্যে প্রবেশ করাও। এই রকম করিতে করিতে যখন দেখিবে যে, ব্লেড ফাঁকের মধ্যে বেশ সহজভাবে ভিতরে প্রবেশ করিতেছে, অথচ কোন রকম ঢিলা বা আঁট অনুভব হইতেছে না, তখন ব্লেডকে বাহির করিয়া আনিয়া উহার উপরের অঙ্ক পড়। যদি একের বেশী ব্লেড লওয়া হইয়া থাকে তাহা হইলে ঐ ব্লেড কয়টির অঙ্কগুলিকে যোগ কর। এখন, এই যোগফল সংখ্যার ডানদিক হইতে গণিয়া তিনটি অঙ্কের বামে (প্রয়োজনমত শূন্য বসাইয়া লইয়া) দশমিক বিন্দু বসাও। ইহাই 'ফীলার গেজ' দ্বারা বাহির করা ফাঁকের মাপ।

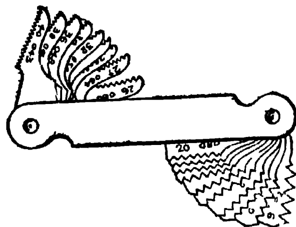
যত্ন—'ফীলার গেজ'এর ব্লেডগুলি খুব সূক্ষ্ম মাপের বলিয়া ইহাদের উপর কোন রকম আঘাত দেওয়া বা চাপ দেওয়া খুবই ক্ষতিকর। ফাঁকের মধ্যে প্রবেশ করাইবার সময়েও ব্লেডগুলি যাহাতে বাঁকিয়া ভাঁজ হইয়া না যায় অথবা ভিতরে যাইয়া আটকাইয়া না পড়ে তাহার প্রতি বিশেষ সাবধান হওয়া উচিত। সংরক্ষণ বিষয়েও উপযুক্ত যত্ন লওয়া প্রয়োজন।

স্ক্রু পিচ্ গেজ (Screw Pitch Gauge)

কোন স্ক্রু-থ্রেডযুক্ত অংশে 'ভী' আকারের থ্রেড (Vee thread) থাকিলে উহার 'পিচ্' কত, অর্থাৎ প্রকারান্তরে উহাতে প্রতি ইঞ্চে কয়টি করিয়া থ্রেড আছে তাহা জানিবার জন্য এই গেজ ব্যবহার করা হইয়া থাকে। ইহার অপর নাম 'থ্রেড-পিচ্ গেজ' (Thread Pitch Gauge) 'থেড-গেজ' (Thread Gauge)এর নামের সহিত ইহার কিছু মিল থাকায়

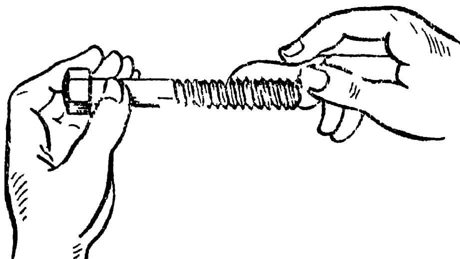
কাহারও কাহারও উভয়ের মধ্যে ভুল হয়। জানা উচিত যে 'থ্রেড গেজ' দিয়া থ্রেডের পিচ্ পরীক্ষা করা হয় না। ইহা দ্বারা মাত্র থ্রেডের কোণ (angle) পরীক্ষা করা হইয়া থাকে।

'স্ক্রু-পিচ্ গেজ' দ্বারা বাহির এবং ভিতরের (external and internal) দুই রকম থ্রেডই মাপ করা যায়। বিভিন্ন রকম ষ্ট্যাণ্ডার্ড থ্রেডের জন্য বিভিন্ন 'স্ক্রু-পিচ্ গেজ' ব্যবহার করিতে হয়। এই



গেজ প্রকৃতপক্ষে শক্ত ষ্টীলের তৈয়ারী কয়েকটি পাতা অর্থাৎ 'ব্লেড' (Blade) এর সমষ্টিমাত্র। ব্লেডগুলিতে একই ষ্ট্যাণ্ডার্ড থ্রেডের বিভিন্ন রকম পিচ্ এর দাঁত কাটা। এই পিচ্ (অর্থাৎ,—প্রকারান্তরে প্রতি ইঞ্চে থ্রেড সংখ্যা) ব্লেডের উপরের লেখা হইতে জানা যায়। ব্লেডগুলি কম চওড়া বলিয়া ইহাদিগকে ছিদ্রের মধ্যে প্রবেশ করাইয়া ভিতরের থ্রেডের পিচ্ ও অনায়াসে জানিতে পারা যায়।

ব্যবহার প্রণালী—যে ষ্ট্যাণ্ডার্ড থ্রেডের পিচ্ জানিতে হইবে, উহার দাঁতের সহিত মিল হয় এই রকম একটি ব্লেড প্রথমে অনুমানে বাছিয়া লও। পরে, এই

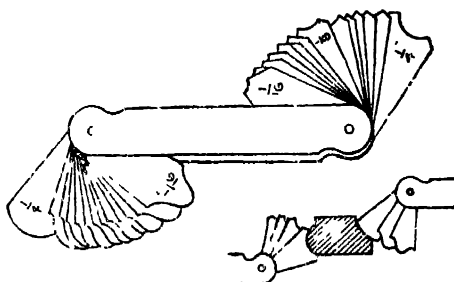


ব্লেডটিকে থ্রেডযুক্ত অংশের উপর (বাহিরের থ্রেডের বেলায়) এমনভাবে রাখ যাহাতে উহার অক্ষের (axis) সহিত ব্লেডটি সমান্তরভাবে থাকে। যদি এই সময় দেখ যে, ঐ ব্লেডের দাঁত থ্রেডের সহিত ঠিক মিলিতেছে না, তাহা হইলে বুঝিবে যে ব্লেড নির্ব্বাচন ঠিক হয় নাই। সুতরাং, এইক্ষেত্রে ঐ ব্লেডের পরিবর্ত্তে নিকটবর্ত্তী অন্য একটি ব্লেডকে আবার পূর্ব্বের মত রাখিয়া

পরীক্ষা কর। এইভাবে দুই একবার ব্লেড পরিবর্ত্তন করিলেই সাধারণতঃ এমন একটি ব্লেড পাওয়া যাইবে যাহার দাঁত থ্রেডের সহিত একেবারে ঠিক মিল হইবে। এখন, এই ব্লেডটির উপরের লেখা হইতে প্রতি ইঞ্চে থ্রেডের সংখ্যা, অর্থাৎ প্রকারান্তরে 'পিচ্' জান।

রেডিয়াস গেজ (Radius Gauge)

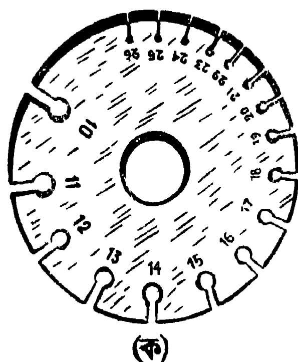
ইহার অপর নাম 'ফিলেট গেজ' (Fillet Gauge)। ধাতুখণ্ডের কোন অংশ অল্প রেডিয়াসের (ব্যাসার্দ্ধের) গোল করা থাকিলে ইহা দ্বারা ঐ গোলের, রেডিয়াস বা ব্যাসার্দ্ধ মাপ জানা যায়। এই গেজ প্রকৃতপক্ষে ষ্টীলের তৈয়ারী কতকগুলি পাতা অর্থাৎ, ব্লেডের সমষ্টি। এই গেজের দুই দিকেই ব্লেড থাকে। একদিকের ব্লেড



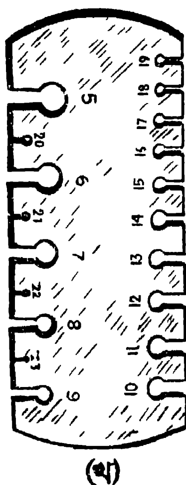
বাহিরের দিকের গোল (convex) মাপের জন্য এবং অপর দিকের ব্লেড ভিতরের দিকের (concave) গোল মাপের জন্য তৈয়ারী করা। সাধারণতঃ এই ব্লেডগুলি দ্বারা $\frac{1}{64}$ ইঞ্চ ক্রমে বর্দ্ধিত $\frac{1}{32}$ ইঞ্চ হইতে $\frac{1}{4}$ ইঞ্চ পর্য্যন্ত রেডিয়াসের গোল মাপ করা হয়।

ওয়্যার গেজ (Wire Gauge)

ইহা প্রকৃতপক্ষে বিভিন্ন ষ্ট্যাণ্ডার্ড মাপের খাঁজযুক্ত ষ্টীলের তৈয়ারী একটি ধাতুখণ্ড। ইহার যে দুই রকম সাধারণতঃ ব্যবহৃত হয় তাহার ছবি নীচে দেওয়া হইল—



(ক)



(খ)

তারের (ওয়ার wire) ডায়মেটার এবং চাদরের (শীট sheet) পুরু মাপ সর্ব্বদা এক প্রমাণ (Standard) মাপ অনুসারে তৈয়ারী হয় এবং ইহা ইঞ্চের এক হাজার ভাগের ক্রমে থাকে। এই মাপ 'মাইক্রোমিটার' দ্বারা জানা যায় ঠিকই, কিন্তু সকল স্থানে মাইক্রোমিটারকে সঙ্গে লইয়া যাওয়া বা উহাকে যে রকম যত্নের সহিত ব্যবহার করা উচিত ঐরকম যত্ন লইয়া সকল সময় ব্যবহার করা সম্ভব হয় না। উপরন্তু, ইহাতে যে সময় বা নিপুণতার প্রয়োজন হয়, কার্য্যক্ষেত্রে উহা অপেক্ষা কম সময়ে এবং সহজে মাপ জানার প্রয়োজন হইয়া থাকে। ইহা ভিন্ন, এক হাজর ভাগের ক্রমযুক্ত মাপ সকল সময় মুখে উচ্চারণ করা বা লেখাও সুবিধা হয় না। এই সকল কারণে, তার এবং শীট যে সকল প্রমাণ মাপে (ষ্ট্যাণ্ডার্ড সাইজ Standard size) তৈয়ারী হয় উহাদিগকে এক একটি সংখ্যা দ্বারা প্রকাশ করা হইয়া থাকে।

প্রত্যেক 'ওয়ার গেজ'এ খাঁজের পার্শ্বে 'গেজ সংখ্যা' (Gauge number) লেখা থাকে। কোন কোন গেজে গেজ-সংখ্যার পার্শ্বে উহার মাপও লেখা থাকে। যেখানে উহা থাকে না সেখানে উহার মাপ নির্দ্দিষ্ট তালিকা হইতে

জানিয়া লইতে হয়। গেজের এই সংখ্যা সম্বন্ধে লক্ষ্য করার বিষয় এই যে, সংখ্যা যত বেশী হয় উহার মাপ তত কমে। যেহেতু 'ওয়ার গেজ' একমাত্র প্রমাণ (Standard) মাপকে প্রকাশ করে, এই কারণে উহাকে 'ষ্ট্যাণ্ডার্ড ওয়ার গেজ' (Standard Wire Gauge—সংক্ষেপে S. W. G.) বলা হইয়া থাকে। তারের ডায়মেটার মাপ উল্লেখ করার সময় প্রথমে 'গেজ-সংখ্যা' পরে S. W. G. এই কথা বলা বা লেখা নিয়ম। যেমন—16 S. W. G. 20 S. W. G., ইত্যাদি। এইক্ষেত্রে, প্রথমটির সংখ্যা হইতে দ্বিতীয়টির সংখ্যা কম বলিয়া প্রথম তার দ্বিতীয় তার হইতে মোটা ইহা বুঝা যায়।

'ওয়ার গেজ' বিভিন্ন ষ্ট্যাণ্ডার্ডের হয়। যেমন—

(১) **ব্রিটিশ (British)**— (ক) ইম্পিরয়াল (Imperial)
(খ) বার্মিংহাম (Birmingham)

(২) **আমেরিকান (American)**—(ক) ব্রাউন এণ্ড শার্প (Brown & Sharpe)
(খ) ইউনাইটেড ষ্টেটস্ (United States), ইত্যাদি।

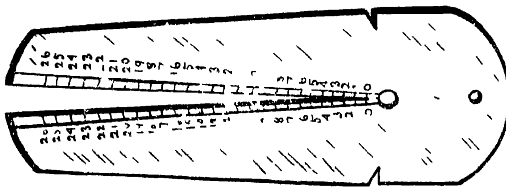
বিভিন্ন ষ্ট্যাণ্ডার্ডের বেলায় প্রত্যেকটি সংখ্যা বিভিন্ন মাপ প্রকাশ করে। এই কারণে যে ষ্ট্যাণ্ডার্ডের 'ওয়ার গেজ' দ্বারা মাপ লওয়া হয় উহার গেজ-সংখ্যার পরে উহা কোন ষ্ট্যাণ্ডার্ডের সংখ্যা তাহাও স্পষ্টভাবে উল্লেখ করা প্রয়োজন হইয়া থাকে।

শীটের পুরু মাপ সাধারণতঃ 'বার্মিহংাম গেজ' (Birmingham Gauge) দ্বারা লওয়া হইয়া থাকে। গেজ-সংখ্যার পরে এই 'বার্মিংহাম গেজ'কে সংক্ষেপে B. G. রূপে উল্লেখ করা হয়। যেমন—24 B. G. শীট 20 B. G. শীট ইত্যাদি। যেহেতু, এইক্ষেত্রে প্রথমটির সংখ্যা দ্বিতীয়টির সংখ্যা হইতে বেশী, সুতরাং প্রথম শীট দ্বিতীয় শীট অপেক্ষা পাতলা ইহা স্থির হয়।

জিঙ্ক ধাতু (দস্তা) দ্বারা তৈয়ারী শীটকে 'বার্মিংহাম গেজ' দ্বারা মাপ করা হয় না। ইহার জন্য (জিঙ্ক গেজ' (Zinc Gauge) নামে অন্য এক বিশেষ গেজ ব্যবহার করিতে হয়। এই গেজ সম্পর্কে বৈশিষ্ট্য এই যে ইহাতে গেজ-সংখ্যা যত বাড়ে ইহার মাপও তত বেশী হয়।

ব্যবহার প্রণালী—যে তার বা শীটকে মাপ করিতে হইবে উহাকে বামহাতে ধরিয়া 'ওয়ার-গেজ'কে ডানহাতে লও। এখন, অনুমান কর যে, ঐ তার বা শীট 'ওয়ার-গেজ'-টির কোন খাঁজের মধ্যে বেশ সহজে অর্থাৎ কোন রকম আঁট বা ঢিলা না হইয়া প্রবেশ করিবে। জানিয়া রাখ যে, এই খাঁজ বলিতে গেজের ধারের সমতল এবং সমান্তর দুইটি পার্শ্বের দূরত্বকেই বুঝায়, গোল ছিদ্রকে নয়। এইবার, তার বা শীটের উপর দিয়া 'গেজ'-এর খাঁজকে চালনা করাইয়া দেখ যে উহা আঁট বা ঢিলা বোধ হইতেছে কিনা। যদি, উহা আঁট বা ঢিলা বোধ হয় তাহা হইলে, পার্শ্ববর্ত্তী অন্য খাঁজের মধ্যে উহাকে প্রবেশ করাও। এই রকম করিতে করিতে যখন দেখিবে যে, তার বা শীট প্রবেশ করার সময় আর আঁট বা ঢিলা বোধ হইতেছে না এবং বেশ সহজেই খাঁজের মধ্যে প্রবেশ করিতেছে তখন ঐ খাঁজের পার্শ্বের লেখা অঙ্ক হইতে ঐ তার বা শীটের মাপ জান।

পূর্ব্বে যে দুই রকম 'ওয়ার গেজ'-এর উল্লেখ করা হইয়াছে উহা ভিন্ন আর এক রকম 'ওয়ার গেজ'ও মধ্যে মধ্যে ব্যবহৃত হইয়া থাকে। ইহার ছবি পার্শ্বে দেওয়া হইল। ইহাতে কোন খাঁজ নাই।



ইহার ভিতর অংশ ক্রমশঃ সরু করিয়া কাটা। যে তার বা শীটের মাপ লইতে হইবে উহাকে এই কাটা অংশের ভিতরে প্রবেশ করান হয় এবং যেখানে উহা গেজটিকে স্পর্শ করে ঐস্থানের লেখা অঙ্ক হইতে উহার মাপ জানা হয়।

ষ্ট্যাণ্ডার্ড ওয়ার গেজ (**Standard Wire Gauge**)

গেজ সংখ্যা	তারের মাপ (ইঞ্চে)			গেজ সংখ্যা	তারের মাপ (ইঞ্চে)		
	ব্রিটিশ		আমেরিকান		ব্রিটিশ		আমেরিকান
	ইম্পিরিয়াল S. W. G.	বার্মিংহাম B. G.	ব্রাউন এণ্ড শার্প B. & S.		ইম্পিরিয়াল S. W. G.	বার্মিংহাম B. G.	ব্রাউন এণ্ড শার্প B. & S.
1	0·300	0·300	0·2893	16	0·064	0·065	0·0508
2	0·276	0·284	0·2576	17	0·056	0·058	0·0453
3	0·252	0·259	0·2294	18	0·048	0·049	0·0403
4	0·232	0·238	0·2043	19	0·040	0·042	0·0359
5	0·212	0·220	0·1819	20	0·036	0·035	0·0320
6	0·192	0·203	0·1620	21	0·032	0·032	0·0285
7	0·176	0·180	0·1443	22	0·028	0·028	0·0253
8	0·160	0·165	0·1285	23	0·024	0·025	0·0226
9	0·144	0·148	0·1144	24	0·022	0·022	0·0201
10	0·128	0·134	0·1019	25	0·020	0·020	0·0179
11	0·116	0·120	0 0907	26	0·018	0·018	0·0159
12	0·104	0·109	0·0808	27	0·0164	0·016	0·0142
13	0·092	0·095	0·0720	28	0·0148	0·014	0·0126
14	0·080	0·083	0·0641	29	0·0136	0·013	0·0113
15	0·072	0·072	0·0571	30	0·0124	0·012	0·0100

ষ্ট্যাণ্ডার্ড জিঙ্ক শীট গেজ

(Standard Zinc Sheet Gauge)

গেজ সংখ্যা	পুরু মাপ (ইঞ্চে)	গেজ সংখ্যা	পুরু মাপ (ইঞ্চে)	গেজ সংখ্যা	পুরু মাপ (ইঞ্চে)
1	0·00395	9	0·0177	17	0·0478
2	0·00554	10	0·0196	18	0·0526
3	0·0067	11	0·0228	19	0·0577
4	0·0082	12	0·0260	20	0·0632
5	0·0097	13	0·0292	21	0·0699
6	0·0114	14	0·0323	22	0·0768
7	0·0132	15	0·0375	23	0·0843
8	0·0149	16	0·0426	24	0·0915

লিমিট গেজ (Limit Gauges)

অনেকগুলি জিনিষকে একই মাপের তৈয়ারী করিতে হইলে প্রত্যেকটির মাপকে সূক্ষ্ম যন্ত্র দ্বারা পরীক্ষা করা কঠিন হয়। কারণ, ইহাতে অনেক সময় এবং শক্তি নষ্ট হয়। উপরন্তু, যন্ত্রটিকে যে রকম যত্নের সহিত ব্যবহার করা উচিত, ঐ রকম যত্ন লইয়া উহাকে সকল সময় ব্যবহার করা সম্ভব হয় না। ফলে, যন্ত্রটির শীঘ্র ক্ষতি হয়। কিন্তু, ঐ মাপের একটি 'গেজ' তৈয়ারী করিয়া উহা দ্বারা পরীক্ষা করিলে আর এই সকল অসুবিধা হয় না।

জিনিষটির মাপে বেশী বা কমের দিকে যেটুকু তারতম্য থাকিলে উহা ব্যবহারের অযোগ্য হয়, ঐ অনুসারে যে 'গেজ' তৈয়ারী করা হইয়া থাকে উহাকে 'লিমিট গেজ' (Limit Gauge) বলে। ইহা প্রধানতঃ ক্যালিপার্স শ্রেণীর হয় এবং দুই রকমের হয়—(১) বাহিরের মাপের জন্য। (২) ভিতরের মাপের জন্য।

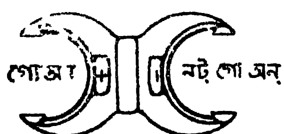
'লিমিট গেজ' তারতম্য মাপের ঊর্দ্ধ এবং নিম্ন সীমার ভিত্তিতে তৈয়ারী হইয়া থাকে। এই কারণে ইহাতে একটি প্রান্তের মাপ অপর প্রান্তের মাপ অপেক্ষা একটু বড় থাকে। বাহিরের (out-side) মাপ লওয়ার বেলায় 'গেজ'-এর যে প্রান্তটি বড় মাপযুক্ত এবং উপর দিয়া সহজে চলিয়া যাওয়ার জন্য নির্দিষ্ট থাকে উহাকে "গো-অন" (Go-on) এবং 'গেজ'-এর যে প্রান্তটি অপেক্ষাকৃত ছোট মাপযুক্ত এবং জিনিষটির উপর দিয়া না যাওয়ার জন্য নির্দ্দিষ্ট থাকে উহাকে "নট-গো-অন" প্রান্ত বলা হয়। এই প্রকারে ভিতরের (in-side) মাপের জন্য যে প্রান্ত সহজে ভিতরে প্রবেশ করানর জন্য নিদ্দিষ্ট থাকে উহাকে "গো-ইন" (Go-In) এবং যাহা ভিতরে প্রবেশ না করার জন্য নির্দ্দিষ্ট থাকে উহাকে "নট-গো-ইন" (Not Go-In) প্রান্ত বলা হয়।

সাধারণতঃ 'গেজ' এর ওজনই গেজকে চালনার পক্ষে যথেষ্ট হয়। সুতরাং, 'গেজ' ব্যবহারকালে কোন রকম বল প্রয়োগ করা উচিত নয়।

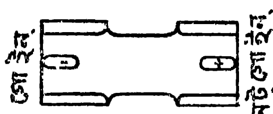
'লিমিট গেজ' বিভিন্ন রকমের হইয়া থাকে। নীচে সচরাচর প্রচলিত

কয়েকটি 'লিমিট গেজ' সম্পর্কে এবং উহার সংশ্লিষ্ট অন্য কয়েকটি বিষয় আলোচনা করা হইতেছে।

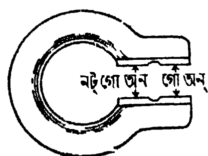
ক্যালিপার স্ন্যাপ গেজ (Calliper Snap Gauge)—ভিতর এবং বাহিরের মাপের জন্য সাধারণ ক্যালিপার্স যে ভাবে ব্যবহৃত হইয়া থাকে,

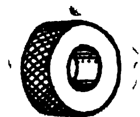


আউট্সাইড্


ইন্সাইড্

ইহাকেও মূলতঃ ঐ ভাবেই ব্যবহার করা হয়। ভিতর ও বাহিরের মাপের জন্য পৃথক রকম 'গেজ' তৈয়ারী থাকে। ইহার ছোট মাপের 'গেজ'গুলিতে একটি প্রান্ত 'গো-অন' এবং অন্য প্রান্ত 'নট-গো-অন' অথবা একটি প্রান্ত 'গো-ইন' এবং অন্য প্রান্ত 'নট-গো-ইন' রকমের হয়। কোন কোন 'গেজ'-এ আবার দুইটি মাপই একই প্রান্তে পাশাপাশি থাকে। যেমন, পার্শ্বে দেখান আছে।





রিং গেজ (Ring Gauge)—ইহার ভিতর অংশ ছিদ্রযুক্ত। গোল রডের ডায়মেটার মাপকে পরীক্ষা করার জন্য ইহা ব্যবহার করা হয়।

প্লাগ গেজ (Plug Gauge)—ইহা গোল, চতুষ্কোণ, ইত্যাদি বিভিন্ন আকারের হইয়া থাকে। ফলে, ইহা দ্বারা ঐ সকল আকারযুক্ত ছিদ্রের মাপ পরীক্ষা করা সম্ভব হয়। পার্শ্বে গোল ছিদ্রের উপযোগী একটি 'প্লাগ গেজ'-এর ছবি দেওয়া হইল।

টেপার গেজ (Taper Gauge)—কোন ক্রমশঃ সরু করা (taper) ছিদ্র আবশ্যক হারে সরু করা আছে কিনা তাহা পরীক্ষা করিতে ইহা ব্যবহার করা হয়।



স্ক্রু থ্রেড গেজ (**Screw Thread Gauge**)

কোণ স্ক্রু-থ্রেডের কোণ, গভীরতা ইত্যাদি ঐ মাপের ষ্ট্যাণ্ডার্ড থ্রেডের তুলনায় কি রকম ব্যতিক্রমে আছে ইহা দ্বারা তাহা পরীক্ষা করা হইয়া থাকে। 'স্ক্রু-থ্রেড গেজ' দুই রকমের হয়—(১) ভিতরের থ্রেডের (internal thread) জন্য, এবং (২) বাহিরের থ্রেডের (external thread) জন্য। পার্শ্বে দুই রকম থ্রেডের জন্যই স্ক্রু-থ্রেড গেজের ছবি দেওয়া হইল। ইহাদের A চিহ্নিত প্রান্তটি থ্রেডের 'কোর-ডায়মেটার' এবং B চিহ্নিত প্রান্তটি থ্রেডের গভীরতা এবং কোণ ইত্যাদি পরীক্ষা করিতে ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

A B

A B

সীমা মাপ এবং বিভিন্ন প্রকার ফিটিং
(Limits & Various Fits)

কারখানায় ফিটিং এবং মেশিন বিভাগের বিভিন্ন কাজ সম্পর্কে দেখা যায় যে, কারিকর যতই দক্ষ হউক না কেন কোন, জিনিষকে বেশী পরিমাণে তৈয়ার করার কালে সকলগুলিকে সর্ব্বদা ঠিক একই মাপের করা তাহার পক্ষে কখনও সম্ভব হয় না। যন্ত্র এবং মেশিনের ক্ষয়, কারিকরের ব্যক্তিগত ত্রুটি এবং অসম্পূর্ণতা, ইত্যাদি অনিবার্য্য কারণে উহাতে কম বা বেশী কিছু ব্যতিক্রম হইয়া যায়ই। অথচ, মাপে ব্যতিক্রম থাকিলে একটি অংশকে অপর অংশের সহিত কখনই ত্রুটিশূন্যভাবে মিল করান চলে না। ফলে, সাধারণ নিয়মে অনেক অংশকেই ব্যবহারের অযোগ্য বলিয়া বাতিল করার প্রশ্ন

উঠে। কিন্তু, যে জিনিষটিকে তৈয়ার করিতে প্রচুর সময় লাগিয়াছে এবং অর্থব্যয় হইয়াছে, মাপে যৎসামান্য ব্যতিক্রম হইয়াছে বলিয়াই যদি উহাকে বাতিল করিয়া দেওয়া হয় তাহা হইলে খুবই ক্ষতি হয়। এই কারণে, তৈয়ার করা অংশগুলির মধ্যে যাহাতে অধিকাংশকেই ব্যবহার করা সম্ভব হয় এই উদ্দেশ্যে মাপের কিছুটা ব্যতিক্রমকে সর্ব্বদা উপেক্ষা করা হইয়া থাকে। এই উপেক্ষা কোনক্ষেত্রে কতটুকু করা চলিতে পারে তাহা কারিকরকে প্রথমেই জানাইয়া দিলে. উহা হইতে তৈয়ারী করা জিনিষগুলির কোনটি ব্যবহারের অযোগ্য হইয়াছে এবং কোনটি হয় নাই তাহা সে অনায়াসে বুঝিতে পারে।

উদাহরণ স্বরূপ মনে কর, এমন একটি শাফ্ট তৈয়ার করিতে হইবে যাহা দুই ইঞ্চ ডায়মেটারের একটি ছিদ্রের মধ্যে ঠিকমত প্রবেশ করিতে পারে। শাফ্ট তৈয়ার করার পর প্রায়ই দেখা যাইবে যে, উহার মাপ একেবারে ঠিক দুই ইঞ্চ হয় নাই। কিছু কম বা বেশী হইয়াছে। এখন, যেহেতু ইহা একেবারে ঠিক দুই ইঞ্চ ডায়মেটারের হয় নাই এই কারণে সাধারণ নিয়মে উহা বাতিল হওয়ার যোগ্য ঠিকই। কিন্তু, যদি দেখা যায় যে, শাফ্টি মাপে যেটুকু কম বা বেশী হইয়াছে তাহা উপেক্ষণীয় সীমার মধ্যে আছে তাহা হইলে আর উহাকে বাতিল না করিয়া ব্যবহারযোগ্য বলিয়া স্থির করা যাইতে পারে। এই উপেক্ষণীয় সীমার ঊর্দ্ধ মাত্রাকে 'হাই-লিমিট' (High limit) এবং নিম্ন মাত্রাকে 'লো-লিমিট' (Low limit) বলে। এই সীমা দুইটি যে মাপের ভিত্তিতে ধার্য্য করা হয় উহাকে 'নমিন্যাল' (Nominal) অর্থাৎ মূল মাপ বলে। সাধারণভাবে যখন কোন জিনিষের মাপ উল্লেখ করা হয় তখন উহা এই 'নমিন্যাল' মাপকেই বুঝায়।

মাপের উর্দ্ধ এবং নিম্ন সীমা উভয়ই মূল মাপ হইতে কোন ক্ষেত্রে বেশী এবং কোন ক্ষেত্রে কম হইতে পারে। যেখানে উহা বেশী থাকে সেখানে উহার পূর্ব্বে যোগ চিহ্ন "+" এবং যেখানে কম থাকে সেখানে বিয়োগ চিহ্ন "−" দিয়া উহা বুঝান হয়। ঊর্দ্ধ সীমা মূল মাপের ডানদিকে উপরে

এবং নিম্ন সীমা ঐ ঊর্দ্ধ সীমার নীচে লেখা নিয়ম। যেমন, উপরোক্ত শাফ্‌টটির বেলায় ডায়মেটার মাপ নিম্নলিখিত রকমে থাকিতে পারে—

(১) $2''\,^{+\cdot005''}_{-\cdot002''}$ (৩) $2''\,^{-\cdot002''}_{-\cdot005''}$ (৫) $2''\,^{+\cdot08''}_{+0''}$

(২) $2''\,^{+\cdot005''}_{+\cdot002''}$ (৪) $2''\,^{\pm\cdot06''}$ (৬) $2''\,^{+0''}_{-08''}$

ইহার (১) নং উদাহরণে, ঊর্দ্ধ সীমা মূল মাপ হইতে ·005″ বেশী। কিন্তু, নিম্ন সীমা উহা হইতে ·002 কম। সুতরাং, এই ক্ষেত্রে শাফ্‌টের ডায়মেটার, 2″+·005″=2·005 ইঞ্চের বেশী হইলে অথবা 2″–·002″= 1·998 ইঞ্চের কম হইলে উহা বাতিল হওয়ার যোগ্য ইহা বুঝায়। অর্থাৎ, শাফ্‌টটির ডায়মেটারকে 1·998 ইঞ্চ হইতে 2·005 ইঞ্চ মধ্যে করার কথা বলা হইয়াছে।

(২) নং উদাহরণে, ঊর্দ্ধ এবং নিম্ন সীমা দুইই মূল মাপ হইতে বেশী। সুতরাং, শাফ্‌টের ডায়মেটার, 2″+·005″=2·005 ইঞ্চের বেশী হইলে কিংবা 2″+·002″=2·002 ইঞ্চের কম হইলে উহা বাতিল হওয়ার যোগ্য। অর্থাৎ, শাফ্‌টের ডায়মেটার মাপকে 2·002 ইঞ্চ হইতে 2·005 ইঞ্চ মধ্যে করার কথা বলা হইয়াছে।

(৩) নং উদাহরণে, ঊর্দ্ধ এবং নিম্ন দুইটি সীমাই মূল মাপ হইতে কম। সুতরাং, শাফ্‌টের ডায়মেটার 2″–·002″=1·998 ইঞ্চের বেশী হইলে কিংবা 2″–·005″=1·995 ইঞ্চের কম হইলে উহা বাতিল হওয়ার যোগ্য ইহা বুঝায়। অর্থাৎ, শাফ্‌টের মাপ 1·995 ইঞ্চ হইতে 1·998 ইঞ্চ মধ্যে করা প্রয়োজন।

(৪) নং উদাহরণে, ±·06″ দ্বারা ঊর্দ্ধ সীমা +·06″ এবং নিম্ন সীমা –·06″ বুঝায়। সুতরাং, প্রকৃতপক্ষে ইহা উপরের লিখিত (১) নং উদাহরণের মতই। অর্থাৎ, শাফ্‌টের ডায়মেটার 2″+·06=2·06 ইঞ্চ হইতে বেশী হইলে কিংবা 2″–·06″=1·94 ইঞ্চের কম হইলে উহা বাতিল হওয়ার যোগ্য ইহা বুঝায়। এই ক্ষেত্রে শাফ্‌টের ডায়মেটার মাপকে 1·94 ঞ্চ হইতে 2·06 ইঞ্চ মধ্যে করা প্রয়োজন।

(৫) নং উদাহরণে, উর্দ্ধ সীমা মূল মাপ হইতে ·08" বেশী কিন্তু নিম্ন সীমা শূন্য। অর্থাৎ, শাফ্‌টের ডায়মেটার 2"+·08"=2·08 ইঞ্চের বেশী হইলে কিংবা 2"+0"=2 ইঞ্চের কম হইলে উহা বাতিল হওয়ার যোগ্য। সুতরাং, শাফ্‌টের মাপ 2 ইঞ্চ হইতে 2·08 ইঞ্চ মধ্যে হওয়া প্রয়োজন।

(৬) নং উদাহরণে, উর্দ্ধ সীমা শূন্য কিন্তু নিম্ন সীমা মূল মাপ হইতে ·08" কম। অর্থাৎ, শাফ্‌টের ডায়মেটার 2"+0"=2 ইঞ্চের বেশী হইলে এবং 2"−·08"=1·92 ইঞ্চের কম হইলে উহা বাতিল হওয়ার যোগ্য। অতএব, শাফ্‌টের মাপকে 1·28 ইঞ্চ হইতে 2 ইঞ্চ মধ্যে করার কথা বলা হইয়াছে।

টলারেন্স (**Tolerance**)--উপেক্ষণীয়তা। অর্থাৎ, তৈয়ারী করা জিনিষের মাপে যে পরিমাণ ব্যতিক্রমকে উপেক্ষা করা চলে, তাহা। প্রকৃতপক্ষে ইহা মাপের উর্দ্ধ সীমা (High limit) এবং নিম্ন সীমার (Low limit) ব্যবধান। উর্দ্ধ সীমা হইতে নিম্ন সীমাকে বিয়োগ করিলে ইহা পাওয়া যায়।

সুতরাং, দেখা যায় যে পূর্ব্বোক্ত উদাহরণ কয়টিতে 'টলারেন্স' এই রকম আছে—

(১) (+·005")—(−·002")= ·005"+·002"=·007"

(২) (+·005")—(+·002")= ·005"−·002"=·003"

(৩) (−·002")—(−·005")=−·002"+·005"=·003"

(৪) (+0·06")—(−0·06")= ·06"+ ·06"= ·12"

(৫) (+·008")—(+ ·0")= ·08"− 0"= ·08"

(৬) (+0") —(− ·08")= ·0"+ ·08"= ·08"

'টলারেন্স' সাধারণতঃ দুইভাবে প্রকাশ করা হয়—

(১) ছিদ্রের ভিত্তিতে (২) শাফ্‌টের ভিত্তিতে।

প্রথমটিকে 'হোল-বেসিস' (Hole basis) এবং দ্বিতীয়টিকে 'শাফ্‌ট বেসিস' (Shaft basis) টলারেন্স বলে। উপরে যে উদাহরণগুলি দেওয়া

হইয়াছে উহা 'শাফ্‌ট বেসিস'-এর, অর্থাৎ, ছিদ্র মাপের অনুপাতে শাফ্‌টকে তৈয়ার করার বিষয়।

তৈয়ারী করা জিনিষের মাপ ঊর্দ্ধ এবং নিম্ন সীমার মধ্যে আছে কিনা তাহা পরীক্ষা করার জন্য ঐ মাপের 'লিমিট গেজ' (Limit Gauge) ব্যবহার করা হইয়া থাকে। এই 'লিমিট গেজ' সম্পর্কে ৬৭ নং পৃষ্ঠায় আলোচনা করা হইয়াছে।

বিভিন্ন প্রকার ফিটিং—দুইটি অংশকে প্রধানতঃ এই কয় রকমে মিলান হইয়া থাকে—

(১) ড্রাইভিং ফিট (Driving Fit)
(২) রানিং ফিট (Running Fit)
(৩) পুশ ফিট (Push Fit)
(৪) ফোর্স ফিট (Force Fit)
(৫) শৃঙ্ক ফিট (Shrink Fit)

প্রত্যেকটির বিষয় নীচে স্বতন্ত্রভাবে আলোচনা করা হইতেছে।

ড্রাইভিং ফিট (Driving Fit)—হাতুড়ীর (Hammer) আঘাত দিয়া একটি অংশকে অপর অংশের মধ্যে প্রবেশ করাইয়া অংশ দুইটিকে পরস্পর মিল করানকে "ড্রাইভিং ফিট" বলে। ইহাতে শাফ্‌ট এবং ছিদ্রের বেলায় শাফ্‌ট ছিদ্রের মধ্যে দৃঢ়ভাবে আটকাইয়া যায়। উহা আর কোনদিকে চালিত হইতে পারে না। 'ড্রাইভিং ফিট'-এর বেলায় ছিদ্রের ভিত্তিতে (hole basis) শাফ্‌ট তৈয়ারী করিতে হইলে উহার ডায়মেটার মাপকে ছিদ্রের ডায়মেটার মাপ অপেক্ষা একটু বড় করার প্রয়োজন হয়। আর, যদি শাফ্‌টের ভিত্তিতে (shaft basis) অর্থাৎ, শাফ্‌টের ডায়মেটার মাপকে স্থির রাখিয়া উহার অনুরূপ ছিদ্র করিতে হয় তাহা হইলে ছিদ্রের মাপকে অপেক্ষাকৃত ছোট করার প্রয়োজন হইয়া থাকে। প্রথম ক্ষেত্রে শাফ্‌টের মাপ উল্লেখ করা কালে ঊর্দ্ধ এবং নিম্ন সীমা দুইই "+" চিহ্নযুক্ত এবং দ্বিতীয় ক্ষেত্রে উহা "—" চিহ্নযুক্ত দেওয়া থাকে।

রাণিং ফিট (Running Fit)—একটি অংশ অপর অংশের মধ্যে প্রবেশ করিয়া অক্ষসূত্রে সহজভাবে ঘুরিবে এই রকম মিল করানকে "রাণিং ফিট" বলে। ইহাতে অংশ দুইটি পরস্পর ঘর্ষিত হয় বলিয়া অন্তর্বর্ত্তী স্থানে তৈল সঞ্চালনের ব্যবস্থা রাখিতে হয়। 'রাণিং ফিট'-এ ছিদ্রের ভিত্তিতে শাফ্‌টকে তৈয়ারী করিতে হইলে শাফ্‌টের ডায়মেটারকে অপেক্ষাকৃত ছোট করার প্রয়োজন হয়। এই ছোট কতটুকু করিতে হইবে তাহা নির্ভর করে অংশ দুইটির আয়তন, মসৃণতা, ছিদ্রের দৈর্ঘ্য, ইত্যাদি বিষয়ের উপর। ইহাতে ছিদ্রের ভিত্তিতে শাফ্‌টকে তৈয়ারী করার কালে উহার মাপের দুইটি সীমাই "—" চিহ্নযুক্ত থাকে।

পুশ ফিট (Push Fit)—হাতের ঠেলার সাহায্যে একটি অংশকে অপর অংশের মধ্যে প্রবেশ করাইয়া অংশ দুইটিকে পরস্পর মিল করানকে "পুশ ফিট" বলে। ইহার অপর নাম "স্লাইডিং ফিট" (Sliding Fit)। 'ড্রাইভিং ফিট'-এর মত ইহাতেও শাফ্‌ট ছিদ্রের মধ্যে কোনদিকেই চালিত হয় না। কিন্তু, উহার মত দৃঢ়ভাবে আটকাইয়া থাকে না। 'পুশ ফিট'-এর বেলায় শাফ্‌ট-এর ডায়মেটারকে ছিদ্রের ডায়মেটার হইতে সামান্য কম করার আবশ্যক হইলেও 'রাণিং ফিট'-এর মত এত কম করা হয় না। ইহাতেও ছিদ্রের ভিত্তিতে শাফ্‌টকে তৈয়ারী করার জন্য দুইটি সীমা মাপের পূর্ব্বে বিয়োগ চিহ্ন "—" দেওয়া থাকে।

ফোর্স ফিট (Force Fit)—দুইটি খুব ভারী এবং বড় অংশের একটিকে অন্যটির মধ্যে প্রচুর শক্তি কিংবা চাপের সাহায্যে (যেমন জল-চাপ যন্ত্র দ্বারা) প্রবেশ করাইয়া পরস্পর মিল করানকে 'ফোর্স ফিট' বলে। সাধারণতঃ ইঞ্জিনের ক্র্যাঙ্ক (Crank)-কে উহার শাফ্‌ট কিংবা ক্র্যাঙ্ক পিনের (Crank pin) সহিত আটকাইয়া রাখিতে, রেলগাড়ীর এক্সেল (Axle)-এর সহিত উহার চাকাকে লাগাইতে কিংবা সিলিণ্ডার (Cylinder)-এর ভিতর লাইনিং (Lining) পরাইতে এই রকমের 'ফিট' করা হইয়া থাকে। ইহাতে ছিদ্রের ভিত্তিতে শাফ্‌টকে তৈয়ারী করার বেলায় উহার ডায়মেটারকে ছিদ্রের ডায়মেটার হইতে সামান্য ('ড্রাইভিং ফিট'-এ

যত বড় করিতে হয় উহা অপেক্ষা বেশী) বড় করার আবশ্যক হয়। এইক্ষেত্রে দুইটি সীমাই "+" চিহ্নযুক্ত থাকে।

শৃঙ্ক ফিট (Shrink Fit)—ধাতু উত্তপ্ত হইলে উহার আকার বাড়ে এবং ঠাণ্ডা হইলে উহা কমে, বিজ্ঞানের এই নীতি অনুসরণ করিয়া দুইটি অংশের একটিকে অপরটির মধ্যে প্রবেশ করাইয়া পরস্পর মিল করানকে 'শৃঙ্ক ফিট' বলে। ইহাতে যে অংশটির মধ্যে অন্য অংশকে প্রবেশ করান হয় উহাকে প্রথমে রক্তবর্ণের তাপে উত্তপ্ত করিয়া উহার মধ্যে অন্য অংশটিকে রাখিতে হয়। উত্তাপ ধীরে ধীরে কমার সঙ্গে সঙ্গে বাহিরের অংশটি যখন সঙ্কুচিত হইয়া আসে, তখন ভিতরে রাখা অংশটিকে খুব দৃঢ়ভাবে চাপিয়া ধরে। এই উপায়ে গাড়ীর চাকার সঙ্গে উহার 'টায়ার'কে যুক্ত করা হইয়া থাকে। 'শৃঙ্ক ফিট'-এ অংশ দুইটি এত বেশী দৃঢ়ভাবে আটকাইয়া যায় যে ইহাতে আর কোন 'কী' (Key) ব্যবহার করার আবশ্যক হয় না। 'ফোর্স ফিট'-এর বেলায় শাফ্‌টকে যে সীমা মাপে তৈয়ার করা হয় 'শৃঙ্ক ফিট'-এর বেলায় ভিতরের অংশটিকেও ঐ রকম সীমা মাপেই তৈয়ার করা হইয়া থাকে।

এলাউয়েন্স (Allowance)—পূর্ব্বোক্ত বিভিন্ন রকম 'ফিট'-এর বেলায় অংশ দুইটির মধ্যে সর্ব্বাপেক্ষা কম (minimum) যে পরিমাণ ফাঁক (clearance) রাখার প্রয়োজন হয় উহাকে 'এলাউয়েন্স' বলে। মিলিত দুইটি অংশের যেটি ভিতরে থাকে উহার ছিদ্রের সর্ব্বাপেক্ষা ছোট মাপ হইতে যেটি ভিতরে থাকে তাহার সর্ব্বাপেক্ষা বড় মাপকে বিয়োগ করিলে ইহা বাহির হয়। উদাহরণ স্বরূপ, মনে কর কোন এক শ্রেণীর 'ফিট'-এর শাফ্‌ট এবং ছিদ্রেয় ডায়মেটার সম্পর্কে এই প্রকার মাপ দেওয়া আছে—

ছিদ্র $2{\cdot}5000^{+{\cdot}0040}_{-{\cdot}0000}$ শাফ্‌ট $2{\cdot}4996^{+{\cdot}0000}_{+{\cdot}0040}$

ইহাতে ছিদ্রের সর্ব্বাপেক্ষা ছোট ডায়মেটার মাপ $2{\cdot}5000 - {\cdot}0000 =$ **2·5000 ইঞ্চ** এবং শাফ্‌টের সর্ব্বাপেক্ষা বড় মাপ $2{\cdot}4996 + {\cdot}0000 =$ **2·4996 ইঞ্চ** এই কথা উল্লেখ করা আছে।

সুতরাং, এইক্ষেত্রে 'এলাউয়েন্স'

$$=2{\cdot}5000-2{\cdot}4996$$

$$=0{\cdot}0004 \text{ ইঞ্চ।}$$

নিউ অল সীমা (New-all Limits)

ইহা বিভিন্ন রকম 'ফিট' (Fit)-এর জন্য নির্দ্ধারিত উর্দ্ধ এবং নিম্ন সীমাকে এবং ঐ অনুসারে 'টলারেন্স'কে বুঝায়। পরের পৃষ্ঠায় ইহার একটি তালিকা দেওয়া হইল। ইহাতে বিভিন্ন রকমের 'ফিট'কে নিম্নলিখিত ইংরাজী অক্ষর দ্বারা সঙ্কেত করা আছে। যেমন—

ড্রাইভিং ফিট—D ; ফোর্স ফিট—F ; পুশ ফিট—P ; রাণিং ফিট—X (সাধারণ রকমের কাজে), Y (দ্রুতগতি সম্পর্কে) এবং Z (সূক্ষ্ম যন্ত্রের জন্য)।

শৃঙ্ক ফিটের জন্য ইহাতে কোন স্বতন্ত্র তালিকা নাই। ইহাকে ফোর্স ফিটেরই অন্তর্ভুক্ত করা হইয়াছে।

তালিকাটিতে A এবং B র পার্শ্বে যাহা লেখা আছে উহা বিভিন্ন ফিট সম্পর্কে ছিদ্রকে যে প্রমাণ মাপে তৈয়ারী করিতে হইবে, উহার সীমা মাপ এবং টলারেন্স-এর বিষয়। কাজের রকম অনুযায়ী এই A অথবা B-র পার্শ্বের সীমা মাপকে অনুসরণ করিয়াই ছিদ্র করা হইয়া থাকে। সুতরাং, দেখা যায় যে, 'নিউ-অল' প্রথার সীমা মাপগুলি ছিদ্রের মাপকে ভিত্তি করিয়া (hole basis) লিখিত।

বিভিন্ন শ্রেণীর ফিটের উপযোগী টলারেন্স

(নিউ-অল পদ্ধতি অনুযায়ী)

ষ্ট্যাণ্ডার্ড ছিদ্রে টলারেন্স

শ্রেণী	নমিন্যাল ডায়মেটার	$\frac{1}{2}$" পর্য্যন্ত	$\frac{9}{16}$" হইতে 1"	$1\frac{1}{16}$" হইতে 2"	$2\frac{1}{16}$" হইতে 3"
	হাই-লিমিট	+·00025	+·00050	+·00075	+·00100
A	লো-লিমিট	−·00025	−·00025	−·00025	−·00050
	টলারেন্স	·00050	·00075	·00100	·00150
	হাই-লিমিট	+·00050	+·00075	+·00100	+·00125
B	লো-লিমিট	−·00050	−·00050	−·00050	−·00075
	টলারেন্স	·00100	·00125	·00150	·00200
	ফোর্স-ফিট				
	হাই-লিমিট	+·00010	+·00100	+·00400	+·00600
F	লো-লিমিট	+·00050	+·00150	+·00300	+·00450
	টলারেন্স	·00050	·00050	·00100	·00150
	ড্রাইভিং-ফিট				
	হাই-লিমিট	+·00050	+·00100	+·00150	+·00250
D	লো-লিমিট	+·00025	+·00075	+·00100	+·00150
	টলারেন্স	·00025	·00025	·00050	·00100
	পুশ-ফিট				
	হাই-লিমিট	−·00025	−·00025	−·00025	−·00050
P	লো-লিমিট	−·00075	−·00075	−·00075	−·00100
	টলারেন্স	·00050	·00050	·00050	·00050
	রাণিং-ফিট				
	হাই-লিমিট	−·00100	−·00125	−·00175	−·00200
X	লো-লিমিট	−·00200	−·00275	−·00350	−·00425
	টলারেন্স	·00100	·00150	·00175	·00225
	হাই-লিমিট	−·00075	−·00100	−·00125	−·00150
Y	লো-লিমিট	−·00125	−·00200	−·00250	−·00300
	টলারেন্স	·00050	·00100	·00125	·00150
	হাই-লিমিট	−·00050	−·00075	−·00075	−·00100
Z	লো লিলিট	−·00075	−·00025	−·00150	−·00200
	টলারেন্স	·00025	·00050	·00075	·001100

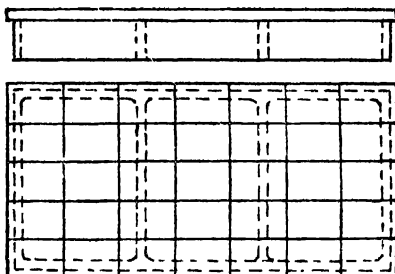
মার্কিং করা (Marking Off)

ধাতুখণ্ডকে নক্সা অনুযায়ী মাপ এবং আকারে আনার জন্য উহার কোন স্থানকে কতটুকু ক্ষয় করিতে হইবে, ছিদ্র কিংবা নালী করিতে হইলে উহা কোন স্থানে এবং কত গভীর করিতে হইবে, ছিদ্র মধ্যে স্ক্রু-থ্রেড করিতে হইবে কিনা, ইত্যাদি বিষয় কাজ আরম্ভ করার পূর্ব্বেই স্থির করিয়া লওয়া প্রয়োজন হয়। ইহা না করিয়া প্রথমেই যদি কাজে অগ্রসর হওয়া যায় তাহা হইলে খণ্ডটি কখনও ঠিক নক্সার মত আকার বা মাপের হইতে পারে না। এইজন্য কাজ আরম্ভ করার পূর্ব্বে প্রত্যেক খণ্ডের উপবিভাগে নক্সা অনুসারে কতকগুলি লাইন এবং চিহ্ন দিয়া লইতে হয়। ইহা কারিকরকে নির্ভুলভাবে কাজ করিতে সহায়তা করে। এই লাইন টানা এবং চিহ্ন দেওয়ার প্রণালীকে 'মার্কিং অফ্' (Marking off) বা 'লেয়িং আউট' (Laying out) বলে। সংক্ষেপে ইহাকেই 'মার্কিং করা' বলা হইয়া থাকে।

মার্কিং করা কালে লাইন এবং চিহ্নগুলি এমনভাবে দেওয়া উচিত যাহাতে উহা সহজেই লক্ষ্য হয়। এই কারণে, যে সকল ধাতুখণ্ডের উপরিভাগ উজ্জ্বল কিংবা মসৃণ নয় (যেমন—বিভিন্ন ঢালাই করা জিনিষের বেলায়) উহাদের উপরিভাগকে মার্কিং করার পূর্ব্বে প্রথমে খড়ি (chalk) কিংবা সাদা রং (whiting) দ্বারা অথবা পাত গালা (shellac) এবং মেথিলেটেড স্পিরিট (Methylated spirit) একত্র মিশাইয়া উহা দ্বারা রং করিয়া লইতে হয়। ইহা ভিন্ন, মেশিন কিংবা ফাইল দ্বারা উপরিভাগকে মসৃণ এবং উজ্জ্বল করার পর আবার যখন উহার উপর মার্কিং করিতে হয় তখনও উহাকে রং করিয়া লওয়ার প্রয়োজন হয়। ইহা প্রায়ই চারিভাগ কপার সালফেট সলিউসন (Copper sulphate solution), আট ভাগ জল এবং এক ভাগ সালফিউরিক এসিড (Sulphuric Acid) একত্র মিশাইয়া উহা দ্বারা করা হইয়া থাকে। ইহা লাগাইলে উপরিভাগে তামার (Copper) একটি পাতলা আবরণ পড়িয়া যায়। এই আবরণের সুবিধা

এই যে ইহার উপর খুব সূক্ষ্ম লাইন টানিলেও উহা দেখা যায় এবং ঘষিলে সহজে মুছিয়া যায় না।

মার্কিং করার জন্য সাধারণতঃ বড় সারফেস-প্লেটের মত কাষ্ট আয়রণের তৈয়ারী এক প্রশস্ত ধাতুখণ্ড ব্যবহার করা হইয়া থাকে। লৌহ কিংবা ইঁটের তৈয়ারী ভিতের উপর টেবিলের মত উচ্চে রাখিয়া ইহা ব্যবহার করা হয় বলিয়া ইহাকে 'মার্কিং অফ্ টেবল' (Marking off Table) অথবা চলিতভাবে 'মার্কিং টেবিল' বলে। 'মার্কিং টেবিল'-এর উপরিভাগ এবং পার্শ্ব সারফেস-প্লেটের মতই নিখুঁতভাবে সমতল করা থাকে। সাধারণতঃ ইহার উপরিভাগে লম্বা এবং চওড়া দিকে অনেকগুলি সমান্তর লাইন টানা থাকে। ইহা থাকায় মার্কিং করার সময় জিনিষটিকে ঠিকমত বসাইতে সুবিধা হয়।



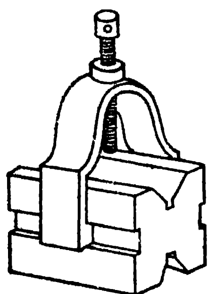
মার্কিং করার জন্য নিম্নলিখিত যন্ত্র এবং সরঞ্জামগুলি প্রায়ই প্রয়োজন হইয়া থাকে—

এঙ্গেল প্লেট (Angle plate), ভী-ব্লক (Vee Block) ক্ল্যাম্প (Clamp), প্যারালেল স্লিপ (Parallel Slip), কী-সীট রুল (Key-seat Rule), ষ্ট্রেইট-এজ (Straight Edge) সারফেস গেজ (Surface Gauge) কিংবা মার্কিং ব্লক (Marking Block), স্ক্রাইবার (Scriber), ষ্টীল রুল (Steel Rule), ডট্ পাঞ্চ (Dot Punch), সেণ্টার পাঞ্চ (Centre Punch), ½ অথবা ¾ পাউণ্ড ওজনের হাতুড়ী (Hammer), ডিভাইডার (Divider), হারমাফ্রোডাইট (Hermaphrodite), ট্রাই-স্কোয়ার (Try Square), কম্বিনেশন স্কোয়ার (Combination Square), হাইট গেজ (Height Gauge), বিভেল গেজ (Bevel Gauge), ইত্যাদি।

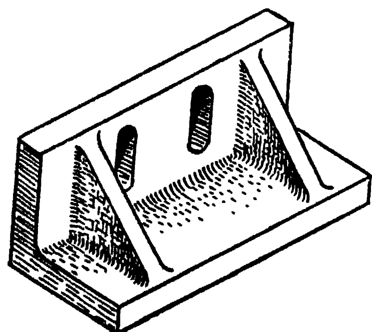
ইহা ভিন্ন, যেখানে অনেকগুলি জিনিষকে একই রকম মার্কিং করার

প্রয়োজন হয় সেখানে 'টেম্‌প্লেট (Template) নামে এক নির্দ্দিষ্ট আকার এবং মাপযুক্ত পাত ব্যবহার করা হইয়া থাকে।

মার্কিং করার যন্ত্রগুলি উত্তম শ্রেণীর এবং সম্পূর্ণ দোষ ক্রুটি শূন্য হওয়া প্রয়োজন। যে ষ্টীল-রুল ইত্যাদি হইতে মাপ লইতে হইবে, উহার বিভাগগুলি বেশ স্পষ্ট থাকা উচিত, ইহা ভিন্ন, স্ক্রাইবার, ডিভাইডার, সেণ্টার পাঞ্চ এবং ডট্ পাঞ্চ ইত্যাদির মুখগুলিও নিয়ম অনুযায়ী ক্রমশঃ সরু এবং তীক্ষ্ণ থাকা



উচিত। যে খণ্ডটির উপরিভাগে মার্কিং করিতে হইবে, উহাকে টেবিলের উপর এমনভাবে রাখা প্রয়োজন যাহাতে উহা কোন রকমে সরিয়া বা ঘুরিয়া না যায়। গোল জিনিষের বেলায় উহাকে স্থির করিয়া ধরিয়া রাখার জন্য ভী-ব্লক (Vee Block) এবং ক্ল্যাম্প (Clamp) (যেমন, পার্শ্বে দেখান আছে) ব্যবহার করিতে হয়। যে জিনিষটির আকার অ-সম উহার বেলায় নীচে আবশ্যক মত অতিরিক্ত ধাতুখণ্ড (প্যাকিং Packing) প্রবেশ করাইয়া এবং প্রয়োজন হইলে উহাকে লম্বা ছিদ্রযুক্ত একটি



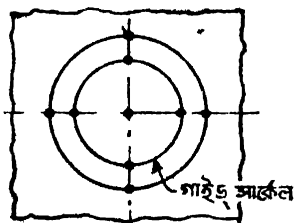
'এঙ্গেল প্লেটের' (যেমন, পার্শ্বে দেখান আছে) সহিত ক্ল্যাম্প এবং নাট বোল্টের সাহায্যে শক্ত করিয়া আটকাইয়া লইয়া পরে উহার উপর মার্কিং করা উচিত। মার্কিং করার কালে ষ্টীল-রুল অথবা ট্রাই-স্কোয়ারের সাহায্যে সোজা লাইন টানার সময় স্ক্রাইবারের মুখ যেন ষ্টীল-রুলের ধার অথবা ট্রাই স্কোয়ারের 'ব্লেড'এর নীচের কোণের সহিত মিলাইয়া টানা হয়। এই লাইনগুলি যাহাতে পরে মুছিয়া না যায় এইজন্য লাইন টানার শেষে উহাদিগকে ডট্ পাঞ্চ দ্বারা কতকগুলি ছোট ছোট বিন্দু চিহ্নের সাহায্যে স্থায়ী করিয়া লওয়া প্রয়োজন। এই চিহ্নগুলি

বেশী গভীর কিংবা পরস্পর খুব নিকটবর্ত্তী হওয়া উচিত নয়। সোজা লাইনের উপর মোটামুটিভাবে ইহা পরস্পর হইতে ১/৮ ইঞ্চ হইতে ১/২ ইঞ্চ দূরে হওয়া উচিত। ইহা ভিন্ন, বিন্দু চিহ্ন দেওয়ার উদ্দেশ্যে হামারের আঘাত দেওয়ার সময় ডট্ পাঞ্চ যাহাতে ঠিক লম্বভাবে এবং উহার মুখটি ঠিক লাইনের উপরে থাকে এবং বিন্দু চিহ্ন পার্শ্বের ছবির মত পড়ে তাহার দিকেও লক্ষ্য রাখা প্রয়োজন। ডট্ পাঞ্চকে এইভাবে না ধরিয়া অন্যভাবে ধরিয়া আঘাত দিলে চিহ্নগুলি লাইনের বাহিরে পড়িয়া গিয়া ভুল মাপ দেখার আশঙ্কা থাকে উপরন্তু, মেশিনিং ফাইলিং, ইত্যাদি বিভিন্ন কাজ করার পর প্রত্যেকটি বিন্দু চিহ্নের অর্দ্ধেক যে ধাতুখণ্ডের উপর অবশিষ্ট রাখা নিয়ম ইহাতে আর তাহা রক্ষা করা সম্ভব হয় না।

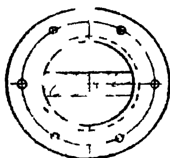
ঠিক

ভুল

কোন চতুষ্কোণ খণ্ডের উপর গোল ছিদ্র করার জন্য মার্কিং করিতে হইলে ছিদ্রের কেন্দ্র (সেণ্টার)-কে নির্দ্দিষ্ট করিতে দুইটি লাইন (একটি অপর সহিত এক সমকোণে) টানা প্রয়োজন এবং এই লাইন দুইটিকে ছিদ্রের ডায়মেটার মাপ হইতে একটু বড় করা উচিত। লাইন দুইটি যে বিন্দুতে পরস্পরকে ছেদ করে উহাই ছিদ্রের কেন্দ্র অর্থাৎ—'সেণ্টার' বলিয়া ইহাদিগকে 'সেণ্টার লাইন' (Centre line) বলা হইয়া থাকে। বিন্দুটিকে প্রথমে ডট্ পাঞ্চ দ্বারা গভীর করিয়া লইয়া ডিভাইডার দ্বারা ছিদ্রের রেডিয়াস (ব্যাসার্দ্ধ) মাপে সার্কেল (বৃত্ত) আঁকিতে হয়। ছিদ্রের ডায়মেটার মাপ ১/২ ইঞ্চ অপেক্ষা বেশী হইলে উহার মধ্যে আর একটি সার্কেলও আঁকার প্রয়োজন হয়। ভিতরের এই সার্কেলকে 'গাইড সার্কেল' (Guide circle) বলে। এই সার্কেল দুইটি সেণ্টার লাইন দুইটিকে যে যে বিন্দুতে ছেদ করে উহাদিগকে ডট্ পাঞ্চ দ্বারা চিহ্নিত এবং ড্রিলিং কাজে সুবিধার জন্য সেণ্টারটিকে সেণ্টার পাঞ্চ দ্বারা গভীর করিতে হয়।



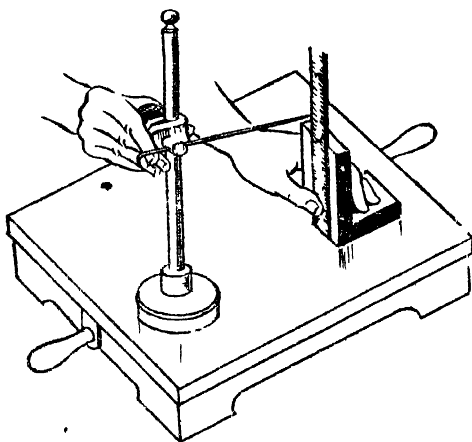
কোন ধাতুখণ্ডের ভিতরে পূর্ব্বেই যদি কোন ছিদ্র বা নালী থাকিয়া থাকে এবং ঐ ছিদ্র বা নালীর মধ্যে যদি কোন বিন্দুকে 'সেণ্টার' করিয়া সার্কেল টানাব প্রয়োজন হয় তাহা হইলে ঐ ছিদ্র বা নালীকে প্রথমে কাঠ, সীসা (Lead), হোয়াইট-মেটাল, ইত্যাদি নরম জিনিষ দ্বারা ডায়মেটাব সূত্রে পার্শ্বের ছবির মত ভরাট (plugging) করিয়া লইতে হয়।



মার্কি করিবার সময় যাহাতে কোন রকম ভুল না হয় এইজন্য উপরের লিখিত বিষয়গুলি ভিন্ন নিম্নলিখিত নিয়ম কয়টিও মানিয়া চলা উচিত।

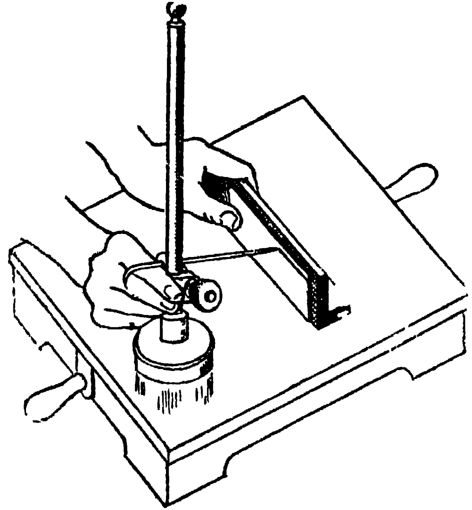
(ক) মার্কিং টেবিলের উপরে যেন কোন ধুলা, বালিকণা, ইত্যাদি জমিয়া না থাকে। সারফেস-প্লেটের বেলায় যে রকম যত্ন লওয়া নিয়ম ইহার বেলায়ও প্রায় ঐ রকম যত্ন লওয়া প্রয়োজন।

(খ) 'ভী ব্লক'এর V স্থানটি এবং উহার তলদেশ যেন সম্পূর্ণ পরিষ্কার থাকে। ইহা ভিন্ন, যে জিনিষটিকে ভী-ব্লকের উপর রাখা হইবে উহার উপরিভাগও যেন পরিষ্কার থাকে।



(গ) 'সারফেস গেজ' অথবা 'স্ক্রাইবিং ব্লক'এর স্ক্রাইবার দ্বারা ষ্টীল-রুল হইতে মাপ লওয়ার সময় ষ্টীল রুলখানি যেন ঠিক লম্বভাবে ধরা থাকে। ষ্টীল-রুলকে একটি 'এঙ্গেল-প্লেট'এর সহিত মিলাইয়া ধরিলে এই বিষয়ে সহায়তা হয় (যেমন, পার্শ্বের ছবিতে দেখান আছে)।

(ঘ) 'সারফেস-গেজ', 'স্ক্রাইবিং ব্লক', হাইট-গেজ', ইত্যাদি যন্ত্র দ্বারা কোন লম্ব উপবিভাগের উপর লাইন টানিতে হইলে উহা যাহাতে ঠিক লম্ব ভাবে থাকে এবং সরিয়া না যায় এইজন্য উহাকে একটি 'এঙ্গেল প্লেট'এর সহিত চাপিয়া ধরিয়া পরে লাইন টানা উচিত।



(ঙ) কোন লাইন বা বিন্দুকে ডট্ পাঞ্চ দ্বারা গভীর করার পূর্ব্বে নিশ্চিত হওয়া আবশ্যক যে ঐ লাইন বা বিন্দুগুলি নক্সা অনুযায়ী ঠিক স্থানে আছে।

মার্কিং কবার কাজ শেষ হইয়া গেলে উহাকে শেষবাবেব মত নক্সাব সহিত মিলাইয়া লইয়া পরে ঐ ধাতুখণ্ডের উপর ফাইলিং, ড্রিলিং, চিপিং ইত্যাদি বিভিন্ন কাজ আবম্ভ করা উচিত।

মার্কি কবার এবং ফিটিং বিভাগেব কার্য্য প্রণালীব কয়েকটি সাধারণ উদাহরণ পরেব অধ্যায়ে দেওয়া হইল।

মার্কিং করার উদাহরণ

(Examples of Marking off)

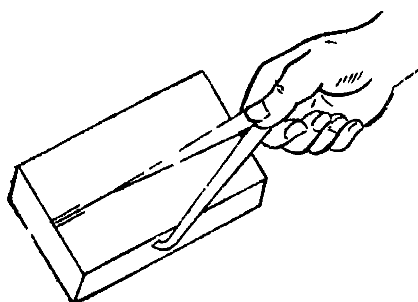
(১) চতুষ্কোণ খণ্ডের উপরিভাগকে সমান দুইভাগে ভাগ করিয়া লাইন (Centre line) টানা—

মনে কর, খণ্ডটির লম্বা দিককে সমান দুই ভাগে ভাগ করিয়া লাইন টানিতে হইবে। সুতরাং, প্রথমে ফ্ল্যাট ফাইল এবং ট্রাই-স্কোয়ারের সাহায্যে খণ্ডটির লম্বা দিকের বিপরীত পার্শ্ব দুইটিকে এবং যে উপরিভাগকে দুই ভাগ করিতে হইবে উহাকে সমতল এবং পরস্পরের সহিত সমকোণী (right angular) কর। পরে, ঐ উপরিভাগটিকে রং কিংবা খড়ি দ্বারা সাদা করিয়া লইয়া নিম্নলিখিত উপায়ে (অর্থাৎ—হারমাফ্রোডাইট অথবা স্ক্রাইবিং ব্লকের সাহায্যে) ইহার উপর লাইন টান।

(ক) হারমাফ্রোডাইটের সাহায্যে—

যন্ত্র :—ষ্টীল-রুল, হারমাফ্রোডাইট, ডট্‌পাঞ্চ এবং ছোট হ্যামার।

যেহেতু খণ্ডটির লম্বা দিককে ভাগ করিয়া লাইন টানিতে হইবে সুতরাং, ইহার চওড়া মাপের অর্দ্ধ অপেক্ষা একটু বড় মাপ হারমাফ্রোডাইটে তোল।



এখন, হারমাফ্রোডাইটের বাঁকা লেগটিকে লম্বা দিকের পার্শ্ব দুইটিকে যথাক্রমে স্পর্শ করাইয়া ছোট দুইটি লাইন টান। এই লাইন দুইটি সমান্তর হইবে। এইবার, ইহাদের মধ্যে যাহাতে কোন ফাঁক না থাকে অর্থাৎ—লাইন দুইটি যাহাতে পরস্পর মিশিয়া যায় এইজন্য হারমাফ্রোডাইটের লেগের উপর সামান্য আঘাত দিয়া ইহার মাপকে একটু কমাও এবং পূর্ব্বের মত আবার পার্শ্বভাগ অবলম্বনে

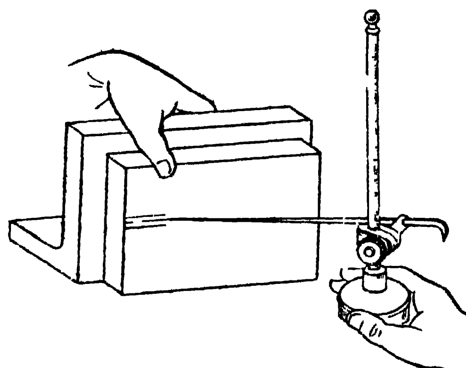
ছোট দুইটি লাইন টান। যদি এখনও লাইন দুইটি না মিশে, তাহা হইলে যতক্ষণ পর্য্যন্ত না মিশে ততক্ষণ হারমাফ্রোডাইটকে নিয়ন্ত্রণ করিয়া লাইন টানিতে থাক। যখন দেখিবে যে, লাইন দুইটি একেবারে মিশিয়া গিয়াছে তখন ঐ সূত্রে বড় লাইন টান। ইহাই উপরিভাগকে সমান দুইভাগে ভাগ করা লাইন।

এই লাইনটিকে এখন ডট্‌পাঞ্চ দ্বারা চিহ্নিত কর।

(খ) স্ক্রাইবিং (বা—মার্কিং) ব্লকের সাহায্যে—

যন্ত্র এবং সরঞ্জাম :—মার্কিং টেবিল, স্ক্রাইবিং (বা—মার্কিং) ব্লক, এঙ্গেল প্লেট, ষ্টীল-রুল, ডট্‌পাঞ্চ এবং ছোট হ্যামার।

খণ্ডটিকে মার্কিং টেবিলের উপর এমনভাবে রাখ যাহাতে লম্বা দিকের একটি পার্শ্বভাগ নীচে থাকে এবং যে উপরিভাগকে সমান দুইভাগে ভাগ করিতে হইবে উহার পিছন দিক এঙ্গেল-প্লেটের সহিত মিশিয়া থাকে। এখন, ষ্টীল-রুলকে (৮২ নং পৃষ্ঠার ছবির মত) মার্কিং টেবিলের উপর লম্বভাবে অন্য একটি ছোট এঙ্গেল প্লেটের সহিত মিলাইয়া ধর এবং খণ্ডটির চওড়া মাপের অর্দ্ধ উচ্চতায় স্ক্রাইবিং ব্লকের স্ক্রাইবারের মুখকে নিয়ন্ত্রণ কর। এইবার, এই স্ক্রাইবিং ব্লক দ্বারা খণ্ডটির লম্ব উপরিভাগের উপর ছোট একটি লাইন টান।



স্ক্রাইবারের মুখ যদি উপরোক্ত ঠিক অর্দ্ধ মাপে নিয়ন্ত্রিত হইয়া থাকে তাহা হইলে আর এই সময় ছোট লাইন না টানিয়া একেবারে বড় লাইন টানিলেই চলে। কিন্তু, মাপ লওয়ার সময় ভুল হওয়ার আশঙ্কা থাকে বলিয়া এই বিষয়ে নিঃসন্দেহ হওয়ার জন্য খণ্ডটিকে এখন ঘুরাইয়া (অর্থাৎ—নীচের দিক উপরে) রাখ এবং পূর্ব্বের উচ্চতায় স্ক্রাইবিং

ব্লক দ্বারা আবার ছোট একটি লাইন টান। পূর্ব্বে যে লাইন টানা হইয়াছিল এবং এখন যে লাইন টানা হইল এই লাইন দুইটি যদি পরস্পর না মিশে তাহা হইলে মাপ লওয়ায় সামান্য ভুল হইয়াছে ইহা প্রমাণ হয়। এই ভুল সংশোধনের জন্য স্ক্রাইবারের উচ্চতাকে সামান্য নিয়ন্ত্রণ করিয়া এবং পূর্ব্বের মত ঘুরাইয়া আবার উহা দ্বারা দুইটি লাইন টানিয়া পরীক্ষা কর। দুই একবার এই রকম করিলেই দেখা যাইবে উহারা মিশিয়া গিয়াছে। এখন ঐ স্থত্রে, বড লাইন টান। ইহাই উপরিভাগকে সমান দুইভাগে ভাগ করা লাইন।

এই লাইনটিকে এখন ডট্‌পাঞ্চ দ্বারা চিহ্নিত কর।

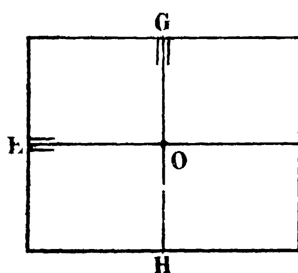
(২) চতুষ্কোণ খণ্ডের উপরিভাগের মধ্য-বিন্দু (Centre) বাহির করা—

ইহাও হারমাফ্রোডাইট কিংবা স্ক্রাইবিং ব্লক দ্বারা এবং মূলতঃ পূর্ব্বোক্ত (১) নং উদাহরণের নীতিতেই করা হইয়া থাকে।

প্রথমে ফ্ল্যাট ফাইল এবং ট্রাই স্কোয়ারের সাহায্যে খণ্ডটির চারিটি পার্শ্বকে এবং যে উপরিভাগের মধ্যবিন্দু বাহির করিতে হইবে উহাকে সমতল এবং পরস্পরের সহিত এক সমকোণী (right angular) কর। পরে, ঐ উপরিভাগটিকে রং কিংবা খড়ি দ্বারা সাদা কর।

(ক) হারমাফ্রোডাইটের সাহায্যে—

যন্ত্র এবং সরঞ্জাম :—৮৪নং পৃষ্ঠায় বর্ণিত (১) নং উদাহরণের (ক) এর মত।



১নং উদাহরণের (ক) অনুযায়ী প্রথমে খণ্ডটির চওড়া দিককে দুই ভাগ করিয়া লাইন টান। মনে কর, ইহা EF। পরে, খণ্ডটির লম্বা মাপের অর্দ্ধ অপেক্ষা একটু বড় মাপ হারমাফ্রোডাইটে তুলিয়া এবং চওড়া দিকের পার্শ্বভাগকে স্পর্শ করিয়া ঐ একই রকমে খণ্ডটির চওড়া দিককে দুইভাগ করিয়া লাইন টান। মনে কর, ইহা GH। এই

EF এবং GH লাইন দুইটি যে বিন্দুতে পরস্পরকে ছেদ করে উহাই আবশ্যক মধ্য-বিন্দু। মনে কর, ইহা O। ডট্‌পাঞ্চ দ্বারা ইহাকে চিহ্নিত কর।

(খ) স্ক্রাইবিং ব্লকের সাহায্যে—

যন্ত্র এবং সরঞ্জাম :—৮৪নং পৃষ্ঠায় বর্ণিত (১) নং উদাহরণের (খ) এর মত।

(১) নং উদাহরণের (খ) অনুযায়ী প্রথমে খণ্ডটির লম্বাদিককে দুইভাগ করিয়া EF লাইন টান। পরে, একটি ষ্টীল-রুলের সাহায্যে স্ক্রাইবিং ব্লকের স্ক্রাইবারের মুখকে খণ্ডটিব লম্বা মাপের অর্দ্ধ উচ্চতায় নিয়ন্ত্রণ কর। এইবাব লম্বাদিকের একটি পার্শ্বভাগকে মার্কিং টেবিলের উপবে বাখিয়া এবং খণ্ডটিকে এঙ্গেল-প্লেটের সহিত মিলাইয়া ঐ একই নিয়মে GH লাইন টান। এই লাইন খণ্ডটির চওড়া দিককে সমান দুই ভাগে ভাগ করবে। প্রথম এবং পরেব লাইন দুইটি যে O বিন্দুতে পরস্পরকে ছেদ কবে উহাই আবশ্যক মধ্য-বিন্দু। ইহাকে ডট্‌পাঞ্চ দ্বাবা চিহ্নিত কব (পূর্ব্ব পৃষ্ঠাব ছবি)।

(৩) সমতল ধাতুখণ্ডের ঠিক মধ্যভাগে 'স্কোয়ার' (Square) বা বর্গক্ষেত্র আঁকা—

মনে কর, ABCD একটি সমতল খণ্ড এবং ইহা $2\frac{7}{8}$ ইঞ্চ লম্বা এবং $1\frac{7}{8}$ ইঞ্চ চওড়া। এই ধাতুখণ্ডের মধ্যভাগে $\frac{7}{8}$ ইঞ্চ বাহুযুক্ত একটি 'স্কোয়াব' বা বর্গক্ষেত্র আঁকিতে হইবে।

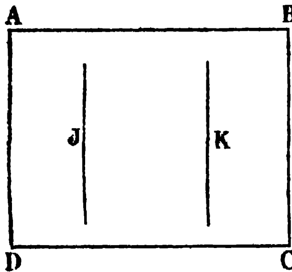
ইহাও স্ক্রাইবিং ব্লক কিংবা হারমাফ্রোডাইটের সাহায্যে আঁকা যায়।

যন্ত্র এবং সরঞ্জাম :—স্ক্রাইবিং ব্লক (কিংবা হারমাফ্রোডাইট) মার্কিং টেবিল, ষ্টীল-রুল, এঙ্গেল-প্লেট, ডিভাইডার, ডট্‌পাঞ্চ এবং ছোট হ্যামার।

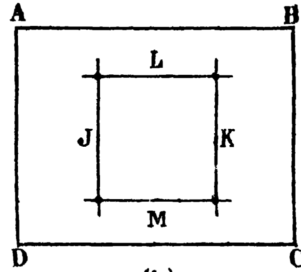
(ক) হারমাফ্রোডাইটের সাহায্যে—

প্রথমে ফ্ল্যাট ফাইল এবং ট্রাই-স্কোয়ারের সাহায্যে খণ্ডটির চারিটি পার্শ্ব এবং একটি উপরিভাগকে সমতল, পরস্পরের সহিত এক সমকোণী এবং উপরোক্ত মাপ বিশিষ্ট কর। পরে, উপরিভাগটিকে রং করিয়া লইয়া যে স্কোয়ারটিকে আঁকিতে হইবে উহার একটি বাহুর মাপকে খণ্ডটির লম্বা মাপের সহিত যোগ কর। ইহাতে যোগফল $2\frac{7}{8}+\frac{7}{8}=3\frac{3}{4}$ ইঞ্চ হইবে। ইহার অর্দ্ধ মাপ (অর্থাৎ,—$1\frac{7}{8}$ ইঞ্চ)

হারমাফ্রোডাইটে তুলিয়া, এবং ইহার বাঁকা লেগটিকে যথাক্রমে ABD এবং C-এর সংলগ্ন পার্শ্বভাগের সহিত মিলাইয়া J এবং K লাইন দুইটি টান (ছবি নং—১)



(১)



(২)

এইবার, স্কোয়ারটির একটি বাহুর মাপকে খণ্ডটির চওড়া মাপের সহিত যোগ কর। ইহাতে যোগফল $1\frac{7}{8}+\frac{7}{8}=2\frac{3}{4}$ ইঞ্চ হইবে। ইহার অর্দ্ধ মাপ (অর্থাৎ $1\frac{3}{4}$ ইঞ্চকে) হারমাফ্রোডাইটে তুলিয়া উহা দ্বারা যথাক্রমে AB এবং DC পার্শ্বভাগের সহিত মিলাইয়া পূর্ব্বের মত L এবং M দুইটি লাইন টান। ইহাতে যে আকারটি উৎপন্ন হইল, উহাই আবশ্যক স্কোয়ার বা বর্গক্ষেত্র (ছবি নং—২)।

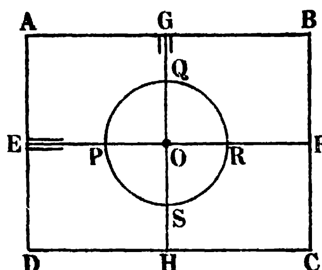
ইহার চারিটি কোণকে ডট্‌পাঞ্চ দ্বারা চিহ্নিত কর।

দ্রষ্টব্য :—ইহা দ্বারা আবশ্যক 'স্কোয়ার' বা বর্গক্ষেত্র আঁকা শেষ হয় ঠিকই, কিন্তু, যে ক্ষেত্রে ধাতুখণ্ডের মধ্যভাগে পরে ঐ আকারের ছিদ্র করার প্রয়োজন হয় ঐ ক্ষেত্রে ড্রিল ব্যবহার করার উদ্দেশ্যে খণ্ডটির মধ্য বিন্দু বাহির করিতে হয়। পরে উহাকে একটি ডট্‌পাঞ্চ দ্বারা চিহ্নিত করিয়া লইয়া সেণ্টার পাঞ্চ দ্বারা গভীর করিতে হয়।

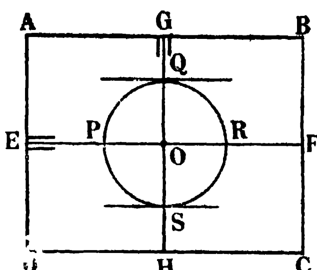
(খ) স্ক্রাইবিং ব্লকের সাহায্যে—

(১) নং উদাহরণের (খ) অনুযায়ী খণ্ডটির উপরিভাগকে লম্বা এবং চওড়া দিককে সমান দুই ভাগে ভাগ করিয়া EF এবং GH দুইটি 'সেণ্টার' লাইন টান। এই লাইন দুইটি পরস্পরকে 0 বিন্দুতে ছেদ করুক। ইহাকে ডট্‌পাঞ্চ দ্বারা চিহ্নিত কর (৮৬ নং পৃষ্ঠার ছবি)।

এখন, যেহেতু, যে স্কোয়ারটি আঁকিতে হইবে উহার প্রত্যেকটি বাহুর মাপ $\frac{7}{8}$ ইঞ্চ, সুতরাং এই $\frac{7}{8}$ ইঞ্চের অর্দ্ধ মাপ ($=\frac{7}{16}$ ইঞ্চ) ষ্টীল রুল হইতে ডিভাইডারে তোল। এইবার, O-কে কেন্দ্ররূপে এই ডিভাইডার দ্বারা একটি



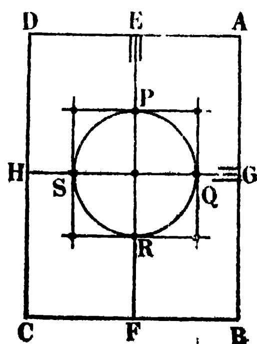
(৩)



(৪)

সার্কেল (বৃত্ত) আঁক। মনে কর, এই সার্কেল EF এবং GH লাইন দুইটিকে P, Q, R, S বিন্দুতে ছেদ করে (ছবি নং—৩)।

খণ্ডটিকে এখন একটি এঙ্গেল-প্লেটের গাত্রের সহিত মিল করিয়া লম্বভাবে ধর। মনে কর, এই অবস্থায় AB উপরদিকে এবং DC নীচের দিকে আছে। এইবার স্ক্রাইবিং ব্লক দ্বারা প্রথমে Q-এর মধ্য দিয়া একটি লাইন টান। পরে, খণ্ডটিকে ঘুরাইয়া DC-কে উপর দিকে এবং BA কে নীচের দিকে রাখিবার পর উহা দ্বারা ঐ একই উচ্চতায় S-এর মধ্য দিয়া আর একটি লাইন টান (ছবি নং—৪)।



(৫)

খণ্ডটিকে এখন 90° ঘুরাইয়া চওড়া দিক অবলম্বনে মার্কিং টেবিলের উপর পূর্ব্বের মত এঙ্গেল-প্লেটের গায়ের সহিত মিলাইয়া লম্বভাবে ধর। মনে কর, এই অবস্থায় DA উপর দিকে এবং CB নীচের দিক আছে। এইবার পূর্ব্বের মত স্ক্রাইবিং ব্লকের সাহায্যে P এবং R-এর মধ্য দিয়া দুইটি লাইন টান। ফলে, চারিটি

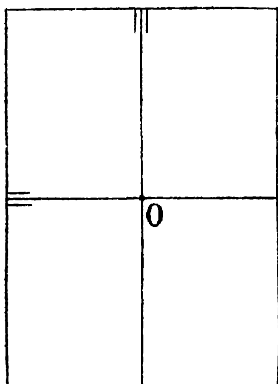
লাইন যে আকারটি উৎপন্ন করিল, উহাই আবশ্যক 'স্কোয়ার' বা বর্গক্ষেত্র (ছবি নং—৫)।

শেষে, এই স্কোয়ারের চারিটি কোণকে এবং P, Q, R, S, বিন্দু কয়টিকে ডট্‌পাঞ্চ দ্বারা চিহ্নিত কর।

(৪) সমতল ধাতুখণ্ডের উপরিভাগে বড় গোল ছিদ্র করার উদ্দেশ্যে মার্কিং করা—

যন্ত্র এবং সরঞ্জাম :—মার্কিং টেবিল, এঙ্গেল প্লেট, ষ্টীল-রুল, হারমাফ্রোডাইট, ডিভাইডার, স্ক্রাইবিং ব্লক, ডট্ পাঞ্চ এবং ছোট হ্যামার।

প্রথমে খণ্ডটির চারিটি পার্শ্ব এবং একটি উপরিভাগকে সমতল, পরস্পরের সহিত সমকোণী এবং প্রদত্ত মাপ বিশিষ্ট কর। পরে, উপরিভাগটিকে রং করিয়া লইয়া ৮৬নং পৃষ্ঠায় বর্ণিত (২)নং উদাহরণ অনুযায়ী প্রথমে খণ্ডটির উপরিভাগের উপর দুইটি সেণ্টার লাইন টান এবং মধ্য-বিন্দুকে ডট্ পাঞ্চ দ্বারা চিহ্নিত কর। মনে কর, ইহা 0 (ছবি নং—১)।

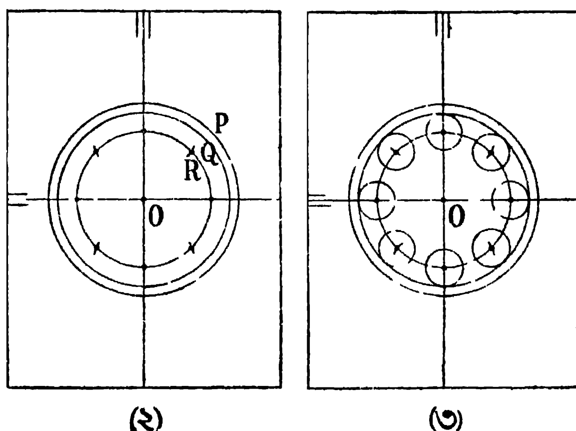


(১)

এখন, যে ডায়মেটারের ছিদ্র করিতে হইবে যথাক্রমে উহার অর্দ্ধ, অর্দ্ধ হইতে $\frac{1}{16}$ ইঞ্চ কম এবং $\frac{3}{16}$ ইঞ্চ কম মাপ ডিভাইডারে তুলিয়া উহা দ্বারা এবং পূর্ব্বোক্ত 0-কে সেণ্টাররূপে তিনটি সার্কেল আঁক। মনে কর, এই সার্কেল তিনটি P, Q, এবং R।

শেষের R চিহ্নিত সার্কেলটি সেণ্টার লাইন দুইটিকে যে যে বিন্দুতে ছেদ করে উহাদিগকে ডট্ পাঞ্চ দ্বারা চিহ্নিত কর এবং সেণ্টার লাইনের অন্তর্বর্ত্তী সার্কেলের অংশকে সমান দুই ভাগে ভাগ করিয়া ভাগকারী বিন্দু কয়টিকে ডট্ পাঞ্চ দ্বারা চিহ্নিত কর (পরের পৃষ্ঠায় ছবি নং—২)।

এইবার, ডিভাইডারে $\frac{1}{4}$ ইঞ্চ মাপ তুলিয়া উহা দ্বারা এবং এই ডট্ পাঞ্চগুলিকে সেণ্টাররূপে সার্কেল আঁক। এই সার্কেলগুলির প্রত্যেকটি মধ্যের Q চিহ্নিত সার্কেলকে স্পর্শ করিবে (ছবি নং—৩)।



(২) (৩)

এখন, ড্রিল করার উদ্দেশ্যে ডট্ পাঞ্চগুলিকে সেণ্টার পাঞ্চ দ্বারা গভীর কর।

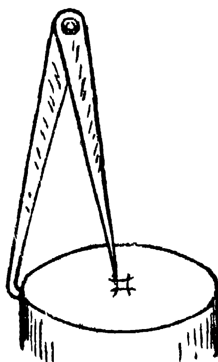
(৫) গোল ধাতুখণ্ডের প্রান্তের কেন্দ্র (Centre) বাহির করা—

যে খণ্ডটির প্রান্তের 'সেণ্টার' বাহির করিতে হইবে উহাকে প্রথমে ফ্ল্যাট ফাইল এবং ট্রাই স্কোয়ারের সাহায্যে সমতল এবং অক্ষের সহিত এক সমকোণী (right angular) কর। পরে, খড়ি কিংবা সাদা রং লাগাইয়া প্রান্তটিকে সাদা কর। এখন, নিম্নলিখিত যে কোন একটি উপায়ে 'সেণ্টার' বাহির কর।

(ক) হারমাফ্রোডাইট দ্বারা—

যন্ত্র এবং সরঞ্জাম :—হারমাফ্রোডাইট, ডট্ পাঞ্চ, সেণ্টার পাঞ্চ এবং ছোট হ্যামার।

এমন একটি হারমাফ্রোডাইট লও যাহার সোজা লেগটি বাঁকা লেগ হইতে একটু ছোট। এইবার, খণ্ডটির ডায়মেটার (ব্যাস) মাপ স্থির করিয়া লইয়া উহার অর্দ্ধ অপেক্ষা একটু কম মাপ এই হারমাফ্রোডাইটে তোল। পরে, ইহার বাঁকা লেগটিকে খণ্ডের গোল উপরিভাগের সহিত স্পর্শ করাইয়া বিভিন্ন স্থান হইতে পার্শ্বের ছবির মত চারিটি 'আর্ক' (arc) বা 'চাপ' টান। এই 'আর্ক' কয়টি যে স্থানটিকে সীমাবদ্ধ করে উহার ঠিক মধ্যস্থান অনুমান করিয়া ঐখানে ডট্ পাঞ্চ দ্বারা একটি বিন্দু চিহ্ন দাও। এই বিন্দুটিই আবশ্যক 'সেণ্টার'।



(খ) 'সেণ্টার ফাইণ্ডার' (Centre Finder) দ্বারা—

যন্ত্র এবং সরঞ্জাম :—সেণ্টার ফাইণ্ডার, স্ক্রাইবার, ডট্ পাঞ্চ এবং ছোট হ্যামার।

খণ্ডটির ডায়মেটার মাপ অনুযায়ী একটি 'সেণ্টার ফাইণ্ডার' লও। ইহার পিন দুইটিকে খণ্ডটির গোল উপরিভাগের উপর চাপিয়া ধরিয়া দুইটি স্থান হইতে সমতল প্রান্তের উপর স্ক্রাইবারের সাহায্যে লাইন টান। এই লাইন দুইটি যে বিন্দুতে পরস্পরকে ছেদ করে উহাই আবশ্যক 'সেণ্টার'। এই বিন্দুটিকে প্রথমে ডট্ পাঞ্চ দ্বারা চিহ্নিত করিয়া পরে সেণ্টার পাঞ্চ দ্বারা উহাকে গভীর কর।

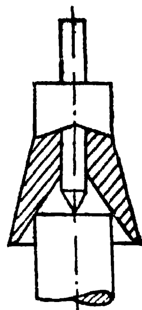


(গ) বেল-সেণ্টারিং পাঞ্চ (Bell-Centering Punch) দ্বারা—

যন্ত্র এবং সরঞ্জাম :—বেল-সেণ্টারিং পাঞ্চ এবং ছোট হ্যামার।

ইহাতে স্ক্রাইবার দ্বারা কোন লাইন টানার বা চিহ্ন দেওয়ার জন্য

বাহির হইতে কোন পাঞ্চ ব্যবহার করার প্রয়োজন হয় না। অতি সহজেই সেণ্টার পাঞ্চ বাহির হয়।

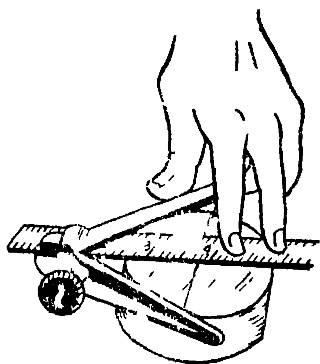


'বেল-সেণ্টারিং পাঞ্চ'কে খণ্ডটির প্রান্তে লম্বভাবে ধর। বাঁকভাবে ধরিলে ভুল স্থানে 'সেণ্টার' চিহ্ন পড়িবে। এখন উপর হইতে পাঞ্চটির উপর ছোট হ্যামারের আঘাত দেও। যেখানে চিহ্ন পড়িবে উহাই আবশ্যক 'সেণ্টার'।

(ঘ) কম্বিনেশন স্কোয়ারের 'সেণ্টার হেড' দ্বারা—

যন্ত্র এবং সরঞ্জাম :—কম্বিনেশন স্কোয়ার, স্ক্রাইবার, সেণ্টার পাঞ্চ এবং ছোট হ্যামার।

কম্বিনেশন স্কোয়ারের 'স্কোয়ার হেড'কে খুলিয়া ফেলিয়া 'সেণ্টার হেড'-এর বাহু দুইটিকে খণ্ডটির গোল উপবিভাগের উপর এমনভাবে চাপিয়া ধর যাহাতে উহার ব্লেডের উপরিভাগ সমতল প্রান্তের উপর থাকে। এইবার দুইটি স্থান হইতে সমতল প্রান্তের উপর স্ক্রাইবার দ্বারা 'ব্লেড'এর ধার সূত্রে লাইন টান। এই লাইন দুইটি যে বিন্দুতে পরস্পরকে ছেদ করে উহাই আবশ্যক 'সেণ্টার'। প্রথমে ডট্ পাঞ্চ দ্বারা চিহ্নিত করিয়া পরে সেণ্টার পাঞ্চ দ্বারা উহাকে গভীর কর।

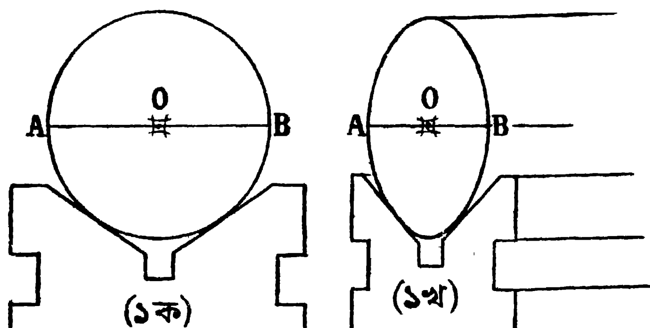


(ঙ) ছোট শাফ্‌টের প্রান্তে কী-ওয়ে (Key-way) আঁকা—

যন্ত্র এবং সরঞ্জাম :—হারমাফ্রোডাইট, ডট্ পাঞ্চ, স্ক্রাইবিং ব্লক, ষ্টীল-রুল, ট্রাই-স্কোয়ার, এঞ্জেল প্লেট, ভী-ব্লক এবং ছোট হ্যামার।

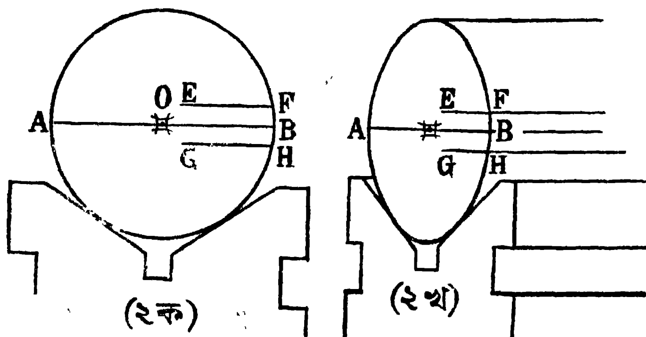
ফ্ল্যাট ফাইল এবং ট্রাই-স্কোয়ারের সাহায্যে শাফ্‌টের প্রান্তকে প্রথমে

সমতল এবং অক্ষের সহিত এক সমকোণী (right angular) কর। পরে, উহাকে খড়ি ইত্যাদি দ্বারা রং করিয়া লইয়া ৯২নং পৃষ্ঠায় বর্ণিত ৫নং উদাহরণ অনুসারে হারমাফ্রোডাইট দ্বারা উহার সেণ্টার বাহির কর। মনে কর ইহা O। ডট্ পাঞ্চ দ্বারা ইহাকে চিহ্নিত কর। এখন, শাফ্‌টটিকে ভী-ব্লকের উপর রাখিয়া স্ক্রাইবিং ব্লকের সাহায্যে এই O-র মধ্য



দিয়া একটি লাইন টান। মনে কর ইহা AB [ছবি নং—১ (ক)]। ভী-ব্লকসহ শাফ্‌টিকে ঘুরাইয়া এই লাইনটিকে খণ্ডটির গোল করা উপরিভাগের উপরও প্রসারিত কর [ছবি নং—১ (খ)]।

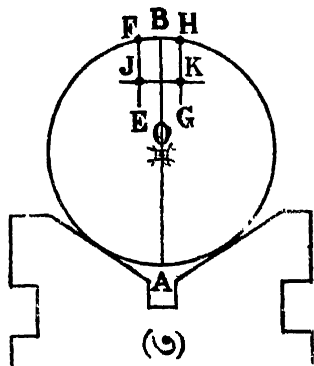
এইবার ভী-ব্লককে ঘুরাইয়া পূর্ব্বের মত রাখ এবং ষ্টীল-রুলকে মার্কিং-



টেবিলের উপর লম্বভাবে ধরিয়া এবং এঙ্গেল প্লেটের সহিত মিলাইয়া দেখ যে AB লাইনটি কত উচ্চে আছে। এই উচ্চতা মাপের সহিত

কী-ওয়ের চওড়া মাপের অর্দ্ধকে যথাক্রমে যোগ এবং বিয়োগ করিলে যত হয় ঐ উচ্চতায় স্ক্রাইবিং ব্লক দ্বারা এই AB-র উপর এবং নীচের দিকে যথাক্রমে E F এবং GH দুইটি লাইন টান [ছবি নং—২(ক)]। ভী-ব্লকসহ শাফ্‌টিকে ঘুরাইয়া শাফ্‌ট-এর গোল করা উপরিভাগের উপরও এই লাইন দুইটিকে প্রসারিত কর [ছবি নং—২ (খ)]।

এইবার ভী ব্লককে ঘুরাইয়া পূর্ব্বের মত রাখ এবং একটি ট্রাই-স্কোয়ারকে মার্কি টেবিলের উপর রাখিয়া শাফ্‌টের প্রান্তের সহিত উহার ব্লেডের সমতল উপরিভাগকে মিলাইয়া ধর। শাফ্‌টটিকে এখন বামদিকে এমন ঘুরাও যাহাতে AB লাইনটি ট্রাই-স্কোয়ারের ব্লেডের ধারের সহিত ঠিক মিলিয়া যায়। এখন, পূর্ব্বের মত ষ্টীল-রুলের সাহায্যে দেখ যে, শাফ্‌ট-এর পরিধিতে F এবং H কত উচ্চে আছে। এই উচ্চতা মাপ হইতে 'কী-ওয়ে'র গভীরতা মাপ বিয়োগ কর এবং যাহা ফল হয় ঐ উচ্চতায় স্ক্রাইবিং ব্লক দ্বারা JK লাইন টান (ছবি নং—৩)।



(৩)

এখন ডট্‌ পাঞ্চ দ্বারা F, J, K, H বিন্দু কয়টিকে এবং গোল করা উপরিভাগের উপর টানা লাইন দুইটিকে চিহ্নিত কর।

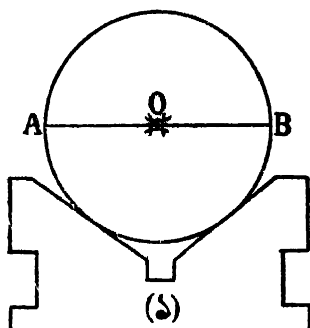
(৭) গোল ধাতুখণ্ডের প্রান্তে 'স্কোয়ার' (Square) অর্থাৎ —বর্গক্ষেত্র আঁকা—

মনে কর, খণ্ডটির প্রান্তে $\frac{7}{8}$ ইঞ্চ পার্শ্ব (অর্থাৎ—বাহু) যুক্ত একটি 'স্কোয়ার' আঁকিতে হইবে।

যন্ত্র এবং সরঞ্জাম:—ভী-ব্লক, মার্কিং টেবিল, স্ক্রাইবিং ব্লক, ট্রাই-স্কোয়ার কিংবা কম্বিনেশন স্কোয়ার, ষ্টীল-রুল, ডিভাইডার, ডট্‌ পাঞ্চ এবং ছোট হ্যামার।

ফ্ল্যাট ফাইল এবং ট্রাই-স্কোয়ারের সাহায্যে প্রান্তটিকে প্রথমে সমতল এবং অক্ষের সহিত এক সমকোণী (right angular) কর। পরে,

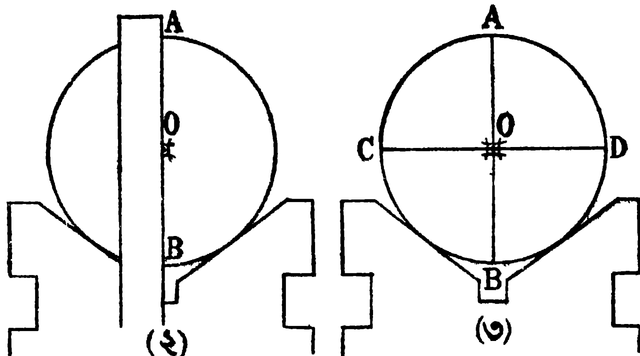
উহাকে খড়ি ইত্যাদি দ্বারা সাদা রং করিয়া লইয়া ৯২নং পৃষ্ঠায় বর্ণিত ৪নং উদাহরণ অনুযায়ী প্রান্তটির সেণ্টার বাহির কর। মনে কর, ইহা O।



এইবার মার্কিং টেবিলের উপর ভী-ব্লক রাখিয়া উহার উপর খণ্ডটিকে রাখ এবং স্ক্রাইবিং ব্লকের সাহায্যে সেণ্টার O-র মধ্য দিয়া একটি লাইন টান। মনে কর ইহা AB (ছবি নং—১)।

এখন, একটি ট্রাই-স্কোয়ার কিংবা কম্বিনেশন স্কোয়ারকে মার্কিং টেবিলের উপর এমনভাবে রাখ যাহাতে উহার ব্লেডের সমতল উপরিভাগ খণ্ডটির প্রান্তের সহিত মিলে এবং উহার ধার O-র মধ্য দিয়া যায়।

খণ্ডটিকে এইবার ভী-ব্লকের উপর সাবধানে ঘুরাইয়া পূর্ব্বের AB লাইনটিকে ট্রাই স্কোয়ারের ব্লেডের ধারের সহিত মিলাও (ছবি নং—২)।

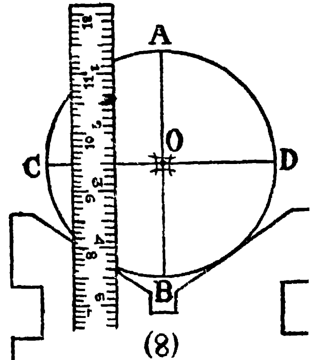


এখন, ট্রাই-স্কোয়ারটিকে সরাইয়া লইয়া স্ক্রাইবিং ব্লকের সাহায্যে সেণ্টার O-র মধ্য দিয়া আর একটি লাইন টান। মনে কর ইহা CD (ছবি নং—৩)।

এইবার নিম্নলিখিত (ক) অথবা (খ) প্রণালী অনুসরণ কর।

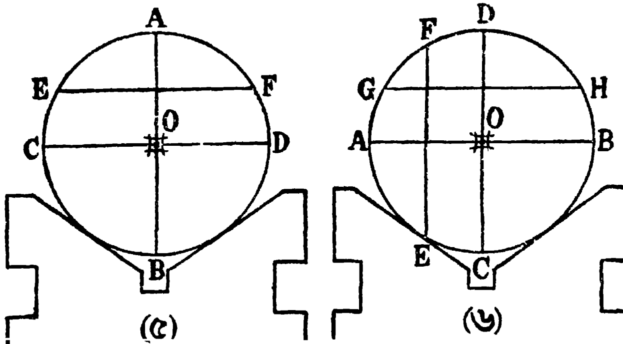
(ক) প্রণালী—

মার্কিং টেবিলের উপর একটি ষ্টীল-রুলকে খণ্ডটির প্রান্তের (অথবা এঙ্গেল প্লেটের) সহিত সমান করিয়া লম্বভাবে ধর এবং স্ক্রাইবিং ব্লকের স্ক্রাইবারের সাহায্যে দেখ যে CD লাইনটি কত উচ্চে আছে (ছবি নং—৪)।



(৪)

যে স্কোয়ারটি আঁকিতে হইবে উহার একটি পার্শ্বের (অর্থাৎ, বাহুর) মাপের অর্দ্ধকে (এইক্ষেত্রে, $\frac{7}{8}-2=\frac{7}{16}$ ইঞ্চকে) ইহার সহিত যোগ কর এবং এই যোগফল সমান উচ্চতায় স্ক্রাইবিং ব্লকের স্ক্রাইবারকে নিয়ন্ত্রিত কর। পরে, ষ্টীল রুলকে সরাইয়া ঐ উচ্চতায় স্ক্রাইবিং ব্লক দ্বারা একটি লাইন টান। মনে কর, ইহা E F (ছবি নং—৫)।



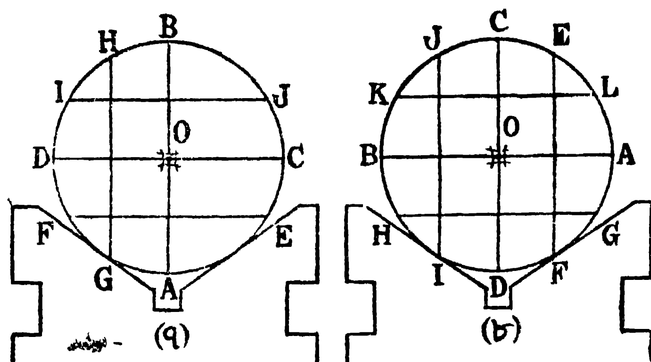
(৫) (৬)

খণ্ডটিকে এখন বামদিকে এমন ঘুরাও যাহাতে CD লাইনটি ঠিক লম্বভাবে থাকে। লম্ব হইল কিনা তাহা পূর্ব্বোক্ত ২নং ছবির মত একটি ট্রাই-স্কোয়ার দ্বারা মিলাইয়া পরীক্ষা কর। ট্রাই-স্কোয়ারকে সরাইয়া

এইবার পূর্ব্বের মত স্ক্রাইবিং ব্লক দ্বারা ঐ একই উচ্চতায় আর একটি লাইন টান। মনে কর ইহা GH (ছবি নং—৬)।

খণ্ডটিকে এখন বামদিকে আরও ঘুরাও যাহাতে AB লাইনটি লম্বভাবে থাকে। পূর্ব্বের মত ট্রাই-স্কোয়ার দ্বারা এই লম্বকে পরীক্ষা করিয়া লইয়া স্ক্রাইবিং ব্লক দ্বারা ঐ একই উচ্চতায় IJ লাইন টান (ছবি নং—৭)।

খণ্ডটিকে এইবার আরও বামদিকে এমন ঘুরাও যাহাতে CD লাইনটি লম্বভাবে থাকে। পূর্ব্বের মত ট্রাই-স্কোয়ার দ্বারা এই লম্বকে পরীক্ষা,



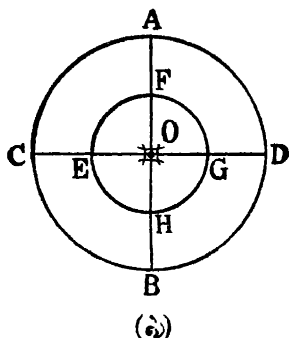
করিয়া লইয়া স্ক্রাইবিং ব্লক দ্বারা ঐ একই উচ্চতায় KL লাইন টান (ছবি নং—৮)।

ফলে, মধ্যভাবে যে আকারটি উৎপন্ন হইল উহাই উদ্দিষ্ট 'স্কোয়ার' বা বর্গক্ষেত্র। ডট্ পাঞ্চ এবং ছোট হ্যামার দ্বারা স্কোয়ারটির প্রতিটি কোণকে এবং প্রতিটি পার্শ্ব বা বাহুর মধ্য বিন্দুকে চিহ্নিত কর।

(খ) প্রণালী—

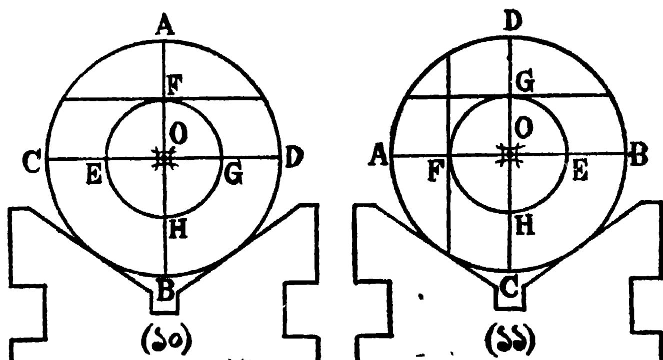
খণ্ডটিকে ভী-ব্লক হইতে নামাইয়া মার্কিং টেবিলের উপর লম্বভাবে রাখ এবং সেণ্টার Oকে ডট্ পাঞ্চ দ্বারা গভীর কর। এখন, যে স্কোয়ারটিকে আঁকিতে হইবে উহার একটি পার্শ্বের (বা বাহুর) অর্দ্ধ মাপকে (এইক্ষেত্রে $\frac{7}{16}$ ইঞ্চকে) ডিভাইডারে তুলিয়া উহা দ্বারা এবং Oকে সেণ্টাররূপে

একটি সার্কেল আঁক। মনে কর, এই সার্কেল CD এবং AB সেণ্টার লাইন দুইটিকে যথাক্রমে E, F, G, H বিন্দুতে ছেদ করে (ছবি নং—৯)।



(৯)

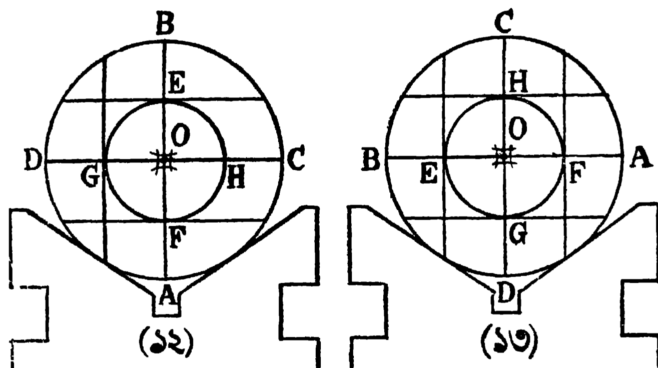
খণ্ডটিকে এখন আবার ভী-ব্লকের উপর রাখ এবং ইহাকে এমনভাবে ঘুরাও যাহাতে CD লাইনটি মার্কিং টেবিলের উপরিভাগের সহিত সমান্তর হয়। এই সমান্তর হইয়াছে কিনা তাহা স্ক্রাইবিং ব্লককে সরাইয়া ইহার স্ক্রাইবারকে CD-র উপর দিয়া চালনা করিয়া পরীক্ষা কর। চালনা করিবার সময় স্ক্রাইবারের মুখ যদি C এবং Dকে স্পর্শ করে তাহা হইলে CD লাইন সমান্তর আছে ইহা প্রমাণ হইবে। একটি ট্রাই স্কোয়ারকে পূর্ব্বোক্ত ২নং ছবির মত রাখিয়া উহার ধারাকে AB-র সহিত মিলাইলেও ইহা জানা যায়। এইবার, স্ক্রাইবিং ব্লকের স্ক্রাইবারকে F বিন্দুর সহিত মিলাইয়া উহা দ্বারা একটি সোজা লাইন টান (ছবি নং—১০)।



(১০) (১১)

এখন, খণ্ডটিকে ক্রমান্বয়ে বামদিকে ঘুরাইয়া এবং প্রয়োজন মত AB এবং CD লাইনকে লম্বভাবে রাখিয়া (লম্ব আছে কিনা তাহা একটি ট্রাই-স্কোয়ার দ্বারা পরীক্ষা করার পর) G, H, এবং E বিন্দুর মধ্য

দিয়া ঐ একই উচ্চতায় স্ক্রাইবিং ব্লক দ্বারা সোজা লাইন টান (যথাক্রমে ছবি নং—১১, ১২ এবং ১৩)

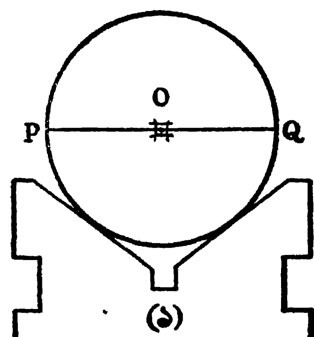


(১২) (১৩)

ফলে, যে আকারটি উৎপন্ন হইল উহাই উদ্দিষ্ট 'স্কোয়ার' বা বর্গক্ষেত্র। ডট্ পাঞ্চ দ্বারা স্কোয়ারটির প্রতিটি কোণকে এবং প্রতিটি পার্শ্ব বা বাহুর মধ্য-বিন্দুকে (E, F, G, H কে) চিহ্নিত কর।

(৮) গোল ধাতুখণ্ডের প্রান্তে 'হেক্সাগন' (Hexagon) বা ষড়ভুজ আঁকা—

যন্ত্র এবং সরঞ্জাম :—হারমাফ্রোডাইট, সরফেস প্লেট কিংবা মার্কিং টেবিল, ষ্টীল-রুল' ভী-ব্লক, সারফেস গেজ কিংবা স্ক্রাইবিং ব্লক, ডিভাইডার, ডট্ পাঞ্চ, এবং ছোট হ্যামার।

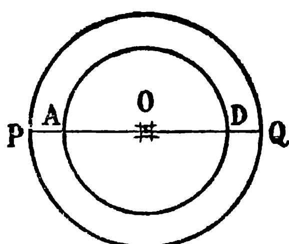


(১)

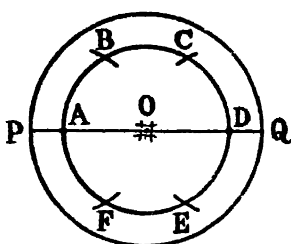
ফ্ল্যাট ফাইল এবং ট্রাই-স্কোয়ারের সাহায্যে খণ্ডটি প্রান্তকে প্রথমে সমতল এবং অক্ষের সহিত সমকোণী (right angular) কর। পরে, ৫নং উদাহরণের (ক) অনুযায়ী 'হারমাফ্রোডাইট' দ্বারা উহার সেণ্টার বাহির কর। মনে কর, ইহা O। ডট্ পাঞ্চ এবং ছোট হ্যামার দ্বারা ইহাকে চিহ্নিত কর। এখন,

খণ্ডটিকে ভী-ব্লকের উপর রাখিয়া এই 0র মধ্য দিয়া স্ক্রাইবিং ব্লকের সাহায্যে একটি সোজা লাইন টান। মনে কর, ইহা PQ (ছবি নং—১)

খণ্ডটিকে এখন ভী-ব্লক হইতে নামাইয়া মার্কিং টেবিলের উপর লম্বভাবে রাখ এবং হেক্সাগনটির পার্শ্বের (বাহুর) মাপকে ডিভাইডারে তুলিয়া উহা দ্বারা এবং Oকে সেণ্টাররূপে একটি সার্কেল আঁক। মনে কর, এই সার্কেল PQ লাইনকে A এবং D বিন্দুতে ছেদ করে (ছবি নং—২)।



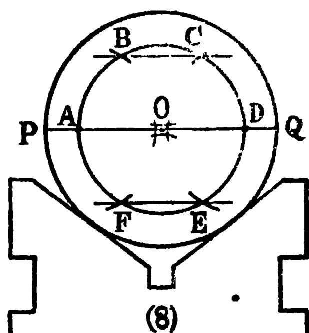
(২)



(৩)

এখন, এই A এবং D বিন্দু দুইটিকে চট্টু পাঞ্চ দ্বারা চিহ্নিত করিয়া লইয়া যথাক্রমে ইহাদিগকে সেণ্টাররূপে এবং পূর্ব্বের মাপযুক্ত ডিভাইডার দ্বারা দুইদিকে ছোট 'আর্ক' (arc) অর্থাৎ 'চাপ' টান। এই 'আর্ক' সার্কেলকে যথাক্রমে B, F এবং C E বিন্দুতে ছেদ করুক (ছবি নং—৩)।

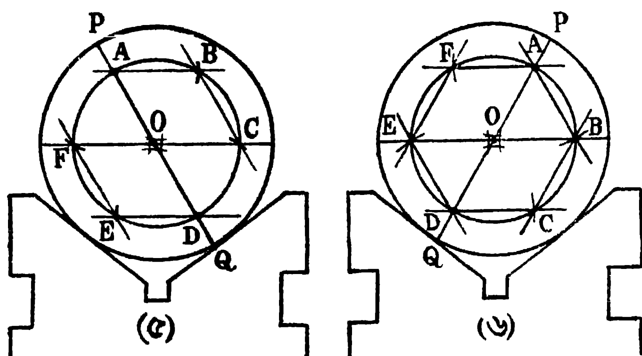
খণ্ডটিকে এইবার ভী ব্লকের উপর রাখ এবং এমন ঘুরাও যাহাতে A D লাইনটি মার্কিং টেবিলের উপরিভাগের সহিত সমান্তর হয়। এই সমান্তরতা পরীক্ষা করার জন্য স্ক্রাইবিং ব্লকের স্ক্রাইবারকে AD লাইনটির উপর দিয়া সরাও। যদি স্ক্রাইবার A এবং B বিন্দু দুইটিকে স্পর্শ করে তাহা হইলে AB লাইনটি মার্কিং টেবিলের সহিত সমান্তর আছে ইহা প্রমাণ হইবে। এখন, স্ক্রাইবিং ব্লকের স্ক্রাইবারকে নিয়ন্ত্রিত



(৪)

করিয়া B বিন্দুর সহিত মিলাও এবং উহার মধ্য দিয়া স্ক্রাইবিং ব্লকের সাহায্যে একটি সোজা লাইন টান। ইহা C-এর মধ্য দিয়া যাইবে। স্ক্রাইবারকে নিয়ন্ত্রিত করিয়া এখন F বিন্দুর সহিত মিলাও এবং ইহার মধ্য দিয়াও একটি লাইন টান। এই লাইন E-র মধ্য দিয়া যাইবে (ছবি নং—৪)।

খণ্ডটিকে এইবার ডানদিকে এমন ঘুরাও যাহাতে স্ক্রাইবিং ব্লকের স্ক্রাইবারকে নিয়ন্ত্রিত করিলে উহা A এবং B বিন্দু দুইটিকে স্পর্শ করে। এখন- ঐ স্ক্রাইবিং ব্লক দ্বারা A-র মধ্য দিয়া একটি লাইন টান। ইহা B-এর মধ্য দিয়া যাইবে। এখন, স্ক্রাইবারকে নিয়ন্ত্রিত করিয়া E বিন্দুর সহিত মিলাও এবং ইহার মধ্য দিয়াও একটি লাইন টান। এই লাইন D-এর মধ্য দিয়া যাইবে (ছবি নং—৫)।



খণ্ডটিকে এখন ডানদিকে আব একটু এমন ঘুবাও যাহাতে FA লাইনটি মার্কিং টেবিলের সহিত সমান্তর হয়। স্ক্রাইবিং ব্লকের স্ক্রাইবারকে FA লাইনের উপর দিয়া সরাইয়া এই সমান্তরতা পরীক্ষা কর। F এবং A বিন্দুকে স্ক্রাইবার স্পর্শ করিলেই ইহা সম্ভব হইবে। এইবাব পূর্ব্বের মত স্ক্রাইবিং ব্লক দ্বারা যথাক্রমে F এবং D বিন্দুর মধ্য দিয়া লাইন টান। এই লাইন দুইটি যথাক্রমে A এবং C-এর মধ্য দিয়া যাইবে (ছবি নং—৬)।

ফলে ABCDEF যে আকারটি উৎপন্ন হইল উহাই উদ্দিষ্ট 'হেক্সাগন' বা ষড়্‌ভুজ।

দ্রষ্টব্য—হেক্সাগনের একটি পার্শ্বের মাপের পরিবর্ত্তে যদি দুইটি বিপরীত পার্শ্বের দূরত্ব মাপ দেওয়া থাকে, তাহা হইলে উহাকে 0·577 দ্বারা গুণ করিয়া পার্শ্বের মাপ বাহির করার পর উহা দ্বারা হেক্সাগন আঁকা যাইতে পারে। কারণ,—হেক্সাগনের একটি পার্শ্বের মাপ = হেক্সাগনের দুইটি বিপরীত পার্শ্বের দূরত্ব × 0·577.

(৯) গোল ধাতুখণ্ডের ডায়মেটারকে কমাইবার উদ্দেশ্যে মার্কিং করা—

কোন গোল ধাতুখণ্ডের ডায়মেটারকে কমাইতে হইলে উহাকে প্রথমে চারি কোণযুক্ত, পরে আট কোণযুক্ত এবং শেষে ষোল কোণযুক্ত করিয়া লইয়া সর্ব্বশেষে ঐ কোণগুলিকে 'রাউণ্ড' ফাইলিং প্রণালীতে ক্ষয় করিয়া উহাকে গোল করা হইয়া থাকে। সুতরাং, খণ্ডটির দুইটি প্রান্তে একই রকম একটি বর্গক্ষেত্র (Square) এবং অষ্টভুজ (Octagon) আঁকার প্রয়োজন হইবে। নীচে আলোচনা করিবার সময় কেবল একটি প্রান্তের ছবি দেওয়া হইয়াছে। কারণ, অন্য প্রান্ত ইহারই অনুরূপ হইবে।

যন্ত্র এবং সরঞ্জাম :—হারমাফ্রোডাইট, ট্রাই স্কোয়ার, স্ক্রাইবিং ব্লক, ষ্টীল-রুল, ভী-ব্লক, মার্কিং টেবিল এবং সারফেস-প্লেট।

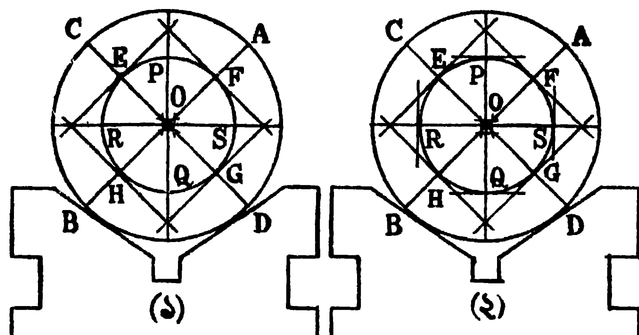
প্রথমে, ফ্ল্যাট ফাইল এবং ট্রাই-স্কোয়ারের সাহায্যে খণ্ডটির দুইটি প্রান্তকে সমতল এবং অক্ষের সহিত এক সমকোণী (right angular) কর এবং উহাদিগকে খড়ি ইত্যাদি দ্বারা সাদা করিয়া লইয়া ৫নং উদাহরণের (ক) অনুযায়ী হারমাফ্রোডাইট দ্বারা দুইটি প্রান্তের সেণ্টার বাহির কর। মনে কর, যথাক্রমে ইহা 0 এবং 0´।

এখন, একটি ডট্ পাঞ্চ দ্বারা সেণ্টার দুইটিকে চিহ্নিত কর এবং খণ্ডটিকে যে ডায়মেটারের গোলে পরিণত করিতে হইবে উহার অর্দ্ধ মাপ ডিভাইডারে তোল। এইবার, যথাক্রমে 0 এবং 0 কে সেণ্টাররূপে ঐ ডিভাইডার দ্বারা দুই প্রান্তে সার্কেল আঁক; পরে, ৭নং উদাহরণের (খ) প্রণালীতে ট্রাই-স্কোয়ার এবং স্ক্রাইবিং ব্লকের সাহায্যে যেভাবে সার্কেলকে স্পর্শ

করাইয়া বর্গক্ষেত্র (Square) আঁকার কথা বলা হইয়াছে ঐভাবে দুইটি প্রান্তে সার্কেলের সহিত মিলাইয়া বর্গক্ষেত্র আঁক।

এইবার, ভী-ব্লকের উপর খণ্ডটিকে ঘুরাইয়া এবং চতুষ্কোণ আকারটির প্রত্যেক বিপরীত কোণকে স্পর্শ করাইয়া স্ক্রাইবিং ব্লকের সাহায্যে লাইন (কর্ণ) টান। এই লাইন দুইটি সার্কেলকে যে যে বিন্দুতে ছেদ করে, মনে কর উহা P, Q, R, S (ছবি নং—১)।

এখন, এই বিন্দু কয়টির মধ্য দিয়া এবং যথাক্রমে উপরোক্ত লাইন দুইটির সহিত সমান্তররূপে স্ক্রাইবিং ব্লক দ্বারা ছোট লাইন টান। ফলে, খণ্ডটির প্রান্তে আটটি বাহুযুক্ত আকার গঠিত হইল (ছবি নং—২)।



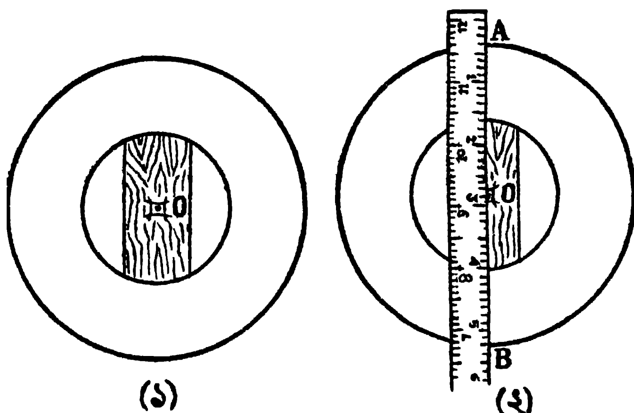
এখন, বাহুগুলির প্রত্যেকটি কোণকে এবং মধ্য বিন্দুকে ডট্ পাঞ্চ দ্বারা চিহ্নিত কর।

(১0) ফ্লেঞ্জের উপর ছয়টি বোল্ট ছিদ্রের 'সেণ্টার' চিহ্ন দেওয়া—

যন্ত্র এবং সরঞ্জাম :—হারমাফ্রোডাইট, ষ্টীল-রুল, স্ক্রাইবার, ডিভাইডার, ডট্ পাঞ্চ, ছোট হ্যামার এবং সেণ্টার পাঞ্চ।

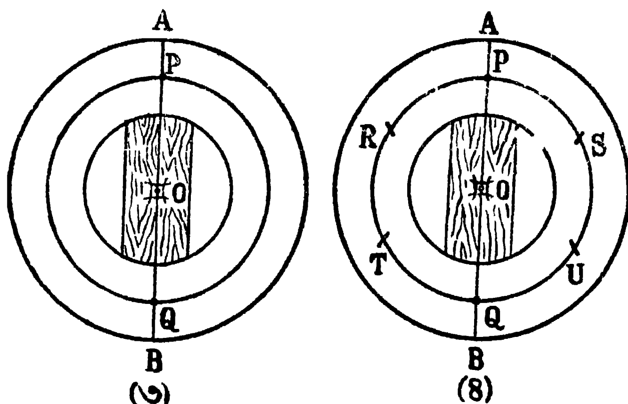
প্রথমে, একটি কাঠের খণ্ড দ্বারা ফ্লেঞ্জটির মধ্যভাগের ছিদ্রকে ডায়মেটার সূত্রে ভরাট কর এবং ঐ কাঠ ও ফ্লেঞ্জের উপরিভাগকে খড়ি দিয়া সাদা কর। পরে ৫নং উদাহরণের (ক) অনুযায়ী হারমাফ্রোডাইট দ্বারা ফ্লেঞ্জটির 'সেণ্টার' (কেন্দ্র) বাহির কর; ইহা কাঠের উপর পড়িবে। মনে কর, ইহা O; এই সেণ্টারটিকে ডট্পাঞ্চ দ্বারা চিহ্নিত কর (ছবি নং—১)

এখন, ষ্টীল-রুলের ধারের সহিত মিলাইয়া স্ক্রাইবার দ্বারা এই সেণ্টারের মধ্য দিয়া একটি লাইন টান। এই লাইন যেন কাঠটির ধারের সহিত প্রায় সমান্তর হয়। মনে কর, ইহা AB (ছবি নং—২)।



(১) (২)

এইবার বোল্টের পিচ্-সার্কেলের যে ডায়মেটার মাপ দেওয়া আছে উহার অর্দ্ধকে ডিভাইডারে তোল এবং O-কে সেণ্টাররূপে এই ডিভাইডার দ্বারা একটি



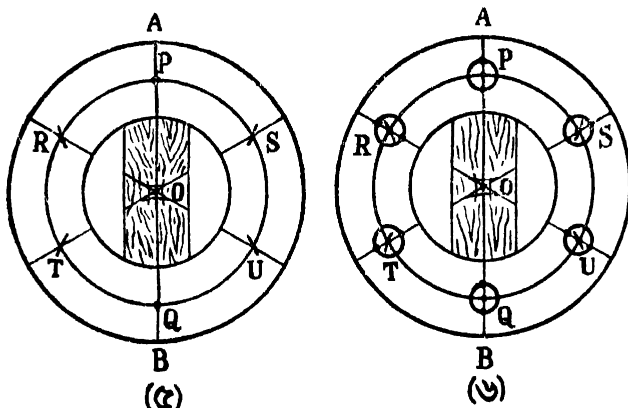
(৩) (৪)

সার্কেল আঁক। এই সার্কেল AB লাইনকে যে দুইটি বিন্দুতে ছেদ করে মনে কর উহা P এবং Q। ডট্‌পাঞ্চ দ্বারা ইহাদিগকে চিহ্নিত কর (ছবি নং—৩)।

এখন, যথাক্রমে P এবং Qকে সেণ্টাররূপে এবং পূর্ব্বের মাপযুক্ত

ডিভাইডার দ্বারা AB লাইনের বাম এবং ডানদিকে চারিটি 'আর্ক' অর্থাৎ 'চাপ' টান। এই 'আর্ক'গুলি বোল্ট-সার্কেলকে যথাক্রমে যে চারিটি বিন্দুতে ছেদ করে, মনে কর উহা R, S এবং T, U (ছবি নং—৪)। এই P, R, T, Q, U S বিন্দু কয়টিই ছিদ্রের আবশ্যক সেণ্টার।

ষ্টীলরুল এবং স্ক্রাইবার দ্বারা R, U এবং T, Sকে যোগ করিয়া লাইন টান। এই লাইন সেণ্টার Oর মধ্য দিয়া যাইবে (ছবি নং—৫)।



(৫) (৬)

এইবার, এই বিন্দু কয়টিকে ডট্‌পাঞ্চ দ্বারা গভীর কর এবং যে মাপের বোল্টের জন্য ছিদ্র করিতে হইবে ঐ মাপ ডিভাইডারে তুলিয়া উহা দ্বারা এবং ঐ বিন্দু কয়টিকে সেণ্টাররূপে সার্কেল আঁক। এই সার্কেলগুলি সোজা লাইনগুলিকে যে যে বিন্দুতে ছেদ করে উহাদিগকে ডট্‌পাঞ্চ দ্বারা গভীর কর (ছবি নং—৬)।

(১১) ফ্লেঞ্জের উপর আটটি বোল্ট-ছিদ্রের সেণ্টার চিহ্ন দেওয়া—

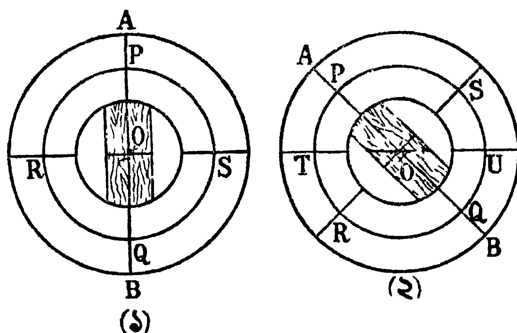
যন্ত্র এবং সরঞ্জাম :—মার্কিং টেবিল, হারফাফ্রোডাইট, ষ্টীল-রুল, স্ক্রাইবার, ডিভাইডার, স্ক্রাইবিং ব্লক, ডট্‌পাঞ্চ, ছোট হ্যামার, সেণ্টার পাঞ্চ, ক্ল্যাম্প, এবং এঞ্জেল প্লেট।

প্রথমে, একটি লম্বা কাঠের খণ্ড দ্বারা ফ্লেঞ্জটির মধ্যভাগের ছিদ্রকে উহার ডায়মেটার সূত্রে ভরাট কর এবং ঐ কাঠ ও ফ্লেঞ্জের উপরিভাগকে সাদা রং কর। পরে, ৫নং উদাহরণের (ক) অনুযায়ী হারমাফ্রোডাইট দ্বারা ফ্লেঞ্জের সেণ্টার (কেন্দ্র) বাহির কর, ইহা কাঠের উপর পড়িবে। মনে কর, ইহা O (১০৫নং পৃষ্ঠার ১নং ছবি দেখ)। এই সেণ্টারকে ডট্‌পাঞ্চ দ্বারা চিহ্নিত কর।

এখন, ষ্টীল-রুলের ধারের সহিত মিলাইয়া স্ক্রাইবার দ্বারা এই সেণ্টারটির মধ্য দিয়া একটি লাইন টান। এই লাইন যেন কাঠের ধারের সহিত প্রায় সমান্তর হয়। মনে কর, ইহা AB (১০০নং পৃষ্ঠার ২নং ছবি দেখ)।

এইবার, বোল্টের পিচ্ সার্কেলের যে ডায়মেটার দেওয়া আছে উহার অর্দ্ধমা'প একটি ডিভাইডারে তোল এবং O-কে সেণ্টাররূপে এই ডিভাইডার দ্বারা একটি সার্কেল আঁক। এই সার্কেল AB লাইনকে যে দুইটি বিন্দুতে ছেদ করে মনে কর, উহা P এবং Q (১০৫নং পৃষ্ঠার ৩নং ছবি দেখ)।

এখন, ফ্লেঞ্জটিকে মার্কিং টেবিলের উপর টিঙ্গেল প্লেটের সহিত মিলাইয়া লম্বভাবে রাখ এবং দুই পার্শ্বে কাঠ বা ধাতুখণ্ড (Packing) দিয়া এবং ক্যাম্পের সাহায্যে এমনভাবে আটকাও যাহাতে ফ্লেঞ্জটি ঘুরিয়া না যায়। এইবার, একটি ট্রাই-স্কোয়ারকে মার্কিং টেবিলের উপর রাখ এবং ইহার ব্লেডকে ফ্লেঞ্জের উপরিভাগের সহিত মিলাইয়া ধর। ফ্লেঞ্জটিকে এখন ভাবে এমন ঘুরাও যাহাতে

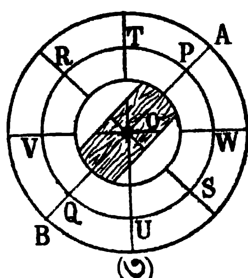


AB লাইনটি উহার ব্লেডের ধারের সহিত ঠিক মিলিয়া যায়। পরে, স্ক্রাইবিং ব্লক দ্বারা সেণ্টার O-র মধ্য দিয়া একটী লাইন টান। এই

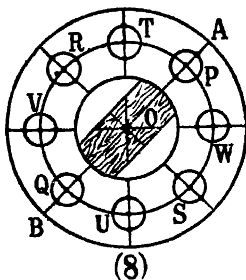
লাইনটি পূর্ব্বোক্ত পিচ্-সার্কেলকে যে দুইটি বিন্দুতে ছেদ করে মনে কর, উহা R এবং S (ছবি নং—১)।

ক্লেম্পটিকে এইবার বামদিকে এমন ভাবে ঘুরাও যাহাতে স্ক্রাইবিং ব্লককে মার্কিং টেবিলের উপর দিয়া সরাইলে উহার স্ক্রাইবারের মুখ P এবং S বিন্দুকে স্পর্শ করে। এখন, স্ক্রাইবারকে নিয়ন্ত্রিত করিয়া সেণ্টার O-র মধ্য দিয়া একটি লাইন টান ; এই লাইন পিচ্-সার্কেলকে যে দুইটি বিন্দুতে ছেদ করে, মনে কর, উহা T এবং U (ছবি নং—২)।

ক্লেম্পটিকে এইবার ডানদিকে এমন ভাবে ঘুরাও যাহাতে স্ক্রাইবিং ব্লককে পূর্ব্বের মত সরাইলে উহার স্ক্রাইবার R এবং Pকে স্পর্শ করে। স্ক্রাইবারকে নিয়ন্ত্রিত করিয়া পূর্ব্বের মত সেণ্টার O-র মধ্য দিয়া আর একটি লাইন



(৩)



(৪)

টান। এই লাইন পিচ্-সার্কেলকে যে দুইটি বিন্দুতে ছেদ করে, মনে কর, উহা V এবং W (ছবি নং—৩)।

ফলে, T, P, W, S, U, Q, V এবং R রে আটটি বিন্দু পাওয়া গেল উহাই আবশ্যক বোল্ট-ছিদ্রের সেণ্টার।

ডট্‌পাঞ্চ দ্বারা এই সেণ্টারগুলিকে এখন চিহ্নিত কর এবং যে মাপের বোল্টের জন্য ছিদ্র করিতে হইবে ডিভাইডারে ঐ মাপ তুলিয়া উহা দ্বারা যথাক্রমে এই বিন্দু কয়টিকে সেণ্টাররূপে সার্কেল আঁক। এই সার্কেলগুলি সোজা লাইনকয়টিকে যে যে বিন্দুতে ছেদ করে, উহাদিগকেও ডট্‌পাঞ্চ দ্বারা চিহ্নিত কর। শেষে, বোল্ট-ছিদ্রের সেণ্টারগুলিকে সেণ্টার পাঞ্চ দ্বারা গভীর করিয়া লও (ছবি নং—৪)।

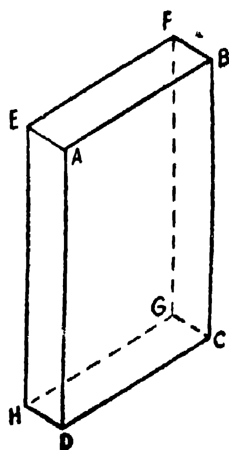
ফিটিং বিভাগের কয়েকটি কার্য্য প্রণালী

(Some Fitting Shop Exercises)

(১) চতুষ্কোণ ধাতুখণ্ডের প্রত্যেকটি উপরিভাগকে সমতল (**Flat**) এবং পরস্পরের সহিত সমকোণী (**Right angular**) করা—

যন্ত্র এবং সরঞ্জাম :—ফ্ল্যাট ফাইল, ট্রাই-স্কোয়ার, ষ্ট্রেইট এজ, বেঞ্চ ভাইস এবং ভাইস ক্ল্যাম্প।

প্রথমে একটি 'ডেটাম সারফেস' (Datum surface) তৈয়ার কর, অর্থাৎ, এমন একটি উপরিভাগ তৈয়ার কর যাহাকে ভিত্তি করিয়া বাকী উপরিভাগগুলির সমতলতা এবং সমকোণত্ব পরীক্ষা করা হইবে। সুতবাং, খণ্ডটির প্রশস্ত উপরিভাগের যে কোন একটিকে, মনে কর ABCDকে, একটি সেকেণ্ড-কাট স্তরের ফ্ল্যাট ফাইল দ্বারা প্রথমে ক্ষয় করিয়া সমতল কর এবং এই সমতলটা 'ষ্ট্রেইট এজ' কিংবা ট্রাই-স্কোয়ারের ব্লেড দ্বারা (প্রথম খণ্ডের ১৮১নং ও ১৮৭ নং পৃষ্ঠার ছবির মত) পরীক্ষা কর।



পরে, ইহার বিপরীত দিকের উপরিভাগটিকেও (এইক্ষেত্রে EFGHকে) পূর্ব্বের মত সমতল করিয়া পরীক্ষা কর।

এখন, খণ্ডটিকে যে মাপের পুরু করিতে হইবে ঐ মাপ একটি আউট-সাইড ক্যালিপার্সে তোল এবং উহা দ্বারা পূর্ব্বোক্ত উপরিভাগ দুইটির দূরত্ব (অর্থাৎ, পুরু মাপ) এবং সমান্তরতা (Parallelism) পরীক্ষা কর।

এইবার, খণ্ডটির একটি পার্শ্বকে, মনে কর AEHDকে ফাইল দ্বারা এমনভাবে ক্ষয় কর যাহাতে উহা সম্পূর্ণ সমতল হয় এবং পূর্ব্বোক্ত

'ডেটাম সারফেস' ABCDর সহিত এক সমকোণী (right angular) অর্থাৎ 'স্কোয়ার' হয়। ট্রাই-স্কোয়ারের কোণ দ্বারা এই সমকোণ এবং ব্লেড দ্বারা সমতলতা পরীক্ষা কর।

এখন, এই AEHD পার্শ্বটির সন্নিহিত অপর একটি পার্শ্বকেও—মনে কর AEFBকে, পূর্ব্বের মত ফাইল দ্বারা ক্ষয় করিয়া সমতল এবং 'ডেটাম-সারফেস' ABCD র সহিত 'স্কোয়ার' অর্থাৎ সমকোণী কর। পূর্ব্বের মত ট্রাই-স্কোয়ার দ্বারা কোণ এবং সমতলতা দুই-ই পরীক্ষা কর।

এইবার, এই AEFB পার্শ্বের সন্নিহিত BFGC পার্শ্বটিকেও ফাইল দ্বারা পূর্ব্বের মত সমতল এবং 'ডেটাম সারফেস' ABCD-র সহিত সমকোণী কর। ট্রাই-স্কোয়াব দ্বারা সমকোণ এবং সমতলতা পরীক্ষা করার সময়, খণ্ডটিকে যে মাপের চওড়া করা প্রয়োজন ঐ মাপ একটি আউট-সাইড ক্যালিপার্সে তুলিয়া উহা দ্বারা খণ্ডটির চওড়া মাপকেও (অর্থাৎ, ইহার এবং AEHD-র ব্যবধানকেও) পরীক্ষা কর।

শেষে, এই CGHD পার্শ্বটিকে ফাইল দ্বারা ক্ষয় করিয়া সমতল এবং 'ডেটাম সারফেস' ABCD-র সহিত সমকোণী (right angular) কর। ট্রাই-স্কোয়ার দ্বারা সমকোণ এবং সমতলতা পরীক্ষা করার সময়, খণ্ডটিকে যে মাপের লম্বা করা প্রয়োজন ঐ মাপ একটি আউট-সাইড ক্যালিপার্সে তুলিয়া উহা দ্বারা খণ্ডটির লম্বা মাপকেও (আর্থাৎ, ইহার এবং AEFB র ব্যবধানকেও) পরীক্ষা কর।

সর্ব্বশেষে, খণ্ডটির প্রত্যেকটি উপরিভাগ ঠিক সমতল এবং সন্নিহিত উপরিভাগের সহিত এক সমকোণী হইয়াছে কিনা, লম্বা, চওড়া এবং পুরু মাপ যেমন রাখা প্রয়োজন তাহা হইয়াছে কিনা, আবার পরীক্ষা কর এবং নির্ভুলতা সম্পর্কে নিঃসন্দেহ হও।

(২) সমতল ধাতুখণ্ডের ভিতরে বড় গোল ছিদ্র করা—

যন্ত্র এবং সরঞ্জাম :—$\frac{1}{4}$ ইঞ্চ মাপের ষ্ট্রেইট শ্যাঙ্ক টুইষ্ট ড্রিল, ড্রিল-চাক, ক্রস্-ক্যাট চিজেল, হ্যামার, হাফ রাউণ্ড ফাইল, ইন-সাইড ক্যালিপার্স, এবং ছোট ট্রাই-স্কোয়ার।

প্রথমে খণ্ডটির সমতল উপরিভাগের উপর ৯০ নং পৃষ্ঠায় বর্ণিত মার্কিং প্রণালীর ৪নং উদাহরণ অনুযায়ী মার্কিং কর, অর্থাৎ চিহ্ন দাও। পরে, $\frac{1}{4}$ ইঞ্চ মাপের ষ্ট্রেইট শ্যাঙ্ক টুইষ্ট ড্রিলকে ড্রিল-চাকের মধ্যে পরাইয়া উহার শ্যাঙ্ককে ড্রিলিং মেশিনের স্পিণ্ডলের মধ্যে প্রবেশ করাও। এইবার, খণ্ডটির নীচে প্যাকিং (Packing) রূপে কাঠের একটি খণ্ড রাখিয়া লইয়া ড্রিলিং মেশিনের ভাইসে উহাকে শক্ত করিয়া এমনভাবে আটকাও যাহাতে স্পিণ্ডলকে নামাইলে ড্রিলের মুখ করণীয় ছোট ছিদ্রগুলির যে কোন একটির সেণ্টার-চিহ্নের ঠিক উপরে আসে। এই সেণ্টার অবলম্বনে ড্রিল দ্বারা একটি ছিদ্র কর।

এইবার ভাইসকে কিংবা খণ্ডটিকে প্রয়োজনমত সরাইয়া বাকী চিহ্নগুলিকে সেণ্টার করিয়া পূর্ব্বের মত ছিদ্র কর।

ছিদ্র করা শেষ হইয়া গেলে খণ্ডটিকে ভাইস হইতে খুলিয়া আনিয়া একটি ভারী ধাতুখণ্ডের উপর রাখ এবং ছিদ্রগুলির অন্তর্বর্ত্তী ধাতু অংশকে একটি ক্রস্-কাট চিজেল দ্বারা (সম্মুখ এবং পিছন দুইদিক হইতেই হ্যামারের আঘাত দিয়া) কাটিয়া ফেল।

এখন, একটি রাফ্ স্তরের হাফ্ রাউণ্ড ফাইলের গোল উপরিভাগ দ্বারা ভিতরের উচ্চ অংশগুলিকে ক্ষয় কর।

শেষে, যথাক্রমে সেকেণ্ড কাট এবং স্মুথ স্তরের হাফ্ রাউণ্ড ফাইল দ্বারা ভিতরের অংশকে এমনভাবে ক্ষয় কর যাহাতে ডট্ পাঞ্চগুলির অর্দ্ধ খণ্ডটিতে থাকিয়া যায়। ছিদ্রটিকে যে ডায়মেটার মাপের, করা প্রয়োজন ঐ মাপ একটি ইনসাইড ক্যালিপার্সে তুলিয়া উহা দ্বারা ডায়মেটার মাপ ঠিক ঐ রকম হইয়াছে কিনা তাহা পরীক্ষা কর। ইহা ভিন্ন, উহার ভিতরের অংশ সমতল এবং খণ্ডটির উপরিভাগের সহিত সমকোণী, অর্থাৎ 'স্কোয়ার' হইয়াছে কিনা তাহাও একটি ছোট ট্রাই-স্কোয়ার দ্বারা পরীক্ষা কর।

(৩) সমতল ধাতুখণ্ডের মধ্যভাগে 'স্কোয়ার' (Square) বা বর্গক্ষেত্র আকারের ছিদ্র করা—

যন্ত্র এবং সরঞ্জাম:—বেঞ্চ ভাইস, ভাইস ক্ল্যাম্প, টুইষ্ট ড্রিল, ক্রস্-কাট

চিজেল, হ্যামার, আট ইঞ্চ 'সেফ এজ' স্কোয়ার-ফাইল, ইন-সাইড ক্যালিপার্স, ছোট ট্রাই-স্কোয়ার, এবং স্কোয়ার প্লাগ গেজ।

মনে কর, খণ্ডটির মধ্যভাগে $\frac{5}{8}$ ইঞ্চ মাপের একটি 'স্কোয়ার' বা বর্গক্ষেত্র আকারের ছিদ্র করিতে হইবে।

প্রথমে ৮৭নং পৃষ্ঠায় বর্ণিত 'মার্কিং' অধ্যায়ের ৩নং উদাহরণ অনুসারে খণ্ডটির উপর যথাস্থানে 'স্কোয়ার' চিহ্নিত কর। পরে, ইহার মধ্যবিন্দুটিকে 'সেণ্টার'রূপে এবং ইহার একটি পার্শ্ব অপেক্ষা $\frac{1}{8}$ ইঞ্চ কম (এইক্ষেত্রে $\frac{5}{8}-\frac{1}{8}=\frac{1}{2}$ ইঞ্চ) মাপের একটি টুইষ্ট ড্রিল দ্বারা ড্রিলিং মেশিনের সাহায্যে একটি গোল ছিদ্র কর।

এখন, চারিটি কোণের বাড়তি ধাতুতে একটি ক্রস্‌-কাট চিজেল দ্বারা ক্ষয় করিয়া লইয়া, প্রথমে রাফ্‌ এবং পরে স্মুথ স্তরের 'সেফ্‌-এজ' স্কোয়ার ফাইল দ্বারা ছিদ্রটির প্রত্যেকটি পার্শ্বকে এমনভাবে ক্ষয় কর যাহাতে উহা আবশ্যক মাপের (এইক্ষেত্রে $\frac{5}{8}$ ইঞ্চ) হয় এবং খণ্ডটিতে ডট্‌পাঞ্চের অর্দ্ধ থাকিয়া যায়। এখন, একটি ইন-সাইড ক্যালিপার্সে এই $\frac{5}{8}$ ইঞ্চ মাপ তুলিয়া উহা দ্বারা ছিদ্রের দুইটি বিপরীত পার্শ্বের ব্যবধান ঠিক $\frac{5}{8}$ ইঞ্চ হইয়াছে কিনা তাহা পরীক্ষা কর। ছিদ্রের ভিতরদিক খণ্ডটির উপরিভাগের সহিত 'স্কোয়ার' অর্থাৎ এক সমকোণী হইয়াছে কিনা তাহাও ছোট একটি ট্রাই-স্কোয়ার দ্বারা পরীক্ষা কর।

এইবার, একটি সেকেণ্ড কাট স্তরের ট্র্যাঙ্গুলার ফাইল দ্বারা কোণগুলিকে তীক্ষ্ণ কর।

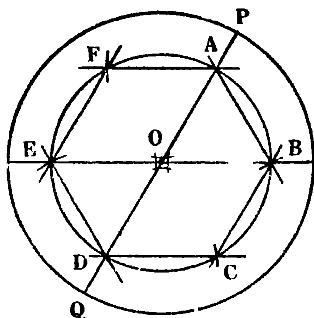
শেষে, একটি 'স্কোয়ার প্লাগ গেজ'কে ছিদ্রের মধ্যে প্রবেশ করাইয়া ছিদ্রের মাপ, কোণ, ইত্যাদি একেবারে ঠিক হইল কিনা ঐ বিষয়ে নিঃসন্দেহ হও।

(৪) গোল ধাতুখণ্ডকে ছয়টি সমান পার্শ্বভাগযুক্ত (ষড়ভুজ) অর্থাৎ, 'হেক্‌সাগন' (**Hexagon**) আকারে পরিণত কর।—

যন্ত্র এবং সরঞ্জাম :—হ্যাক্‌-স, ফ্ল্যাট চিজেল, হ্যামার, ফ্ল্যাট ফাইল, ট্রাই-স্কোয়ার, বিভেল প্রট্রাক্টর, কিংবা বিভেল গেজ' রেঞ্চ ভাইস এবং ভাইস ক্ল্যাম্প।

প্রথমে খণ্ডটির দুইটি প্রান্তকে সমতল করিয়া লইয়া ১০০নং পৃষ্ঠায় বর্ণিত মার্কিং প্রণালীর ৮নং উদাহরণ অনুযায়ী উহাতে 'হেক্সাগন' বা ষড়ভুজ চিহ্নিত কর। এখন্ লক্ষ্য কর যে, এই আকারের বাহিরে কি পরিমাণ ধাতু আছে। যদি বেশী ধাতু থাকিয়া থাকে তাহা হইলে উহাকে 'হ্যাক-স' দ্বারা কাটিয়া ফেল। আর, যদি কম ধাতু থাকিয়া থাকে তাহা হইলে একটি ফ্ল্যাট চিজেল দ্বারা চিপিং করিয়া উহাকে ক্ষয় কর।

এইবার, প্রথমে বাষ্টার্ড স্তরের এবং পরে সেকেণ্ড কাট স্তরের ফ্ল্যাট ফাইলের সাহায্যে অঙ্কিত হেক্সাগনের একটি পার্শ্বকে, মনে কর FAকে ফাইলিং করিয়া এমনভাবে সমতল এবং প্রান্তের সহিত সমকোণী (right angular) কর যাহাতে ডটপাঞ্চ চিহ্নের অৰ্দ্ধ ক্ষয় হইয়া গিয়া বাকী অৰ্দ্ধ খণ্ডটিতে থাকিয়া যায়। পার্শ্বটি ঠিক সমতল এবং প্রান্তের সহিত এক সমকোণী (অর্থাৎ, 'স্কোয়ার') হইয়াছে কিনা তাহা একটি ট্রাই-স্কোয়ার দ্বারা পরীক্ষা কর।



এইবার, FA-র সংলগ্ন অন্য একটি পার্শ্বকে মনে কর ABকে, ঠিক FA-র মত ফাইলিং করিয়া সমতল এবং প্রান্তের সহিত সমকোণী বা 'স্কোয়ার' কর। এখন, একটি বিভেল প্রট্রাক্টরকে 120° তে নিবদ্ধ করিয়া লইয়া উহা দ্বারা FA এবং AB-র অন্তর্বর্ত্তী কোণ 120° হইয়াছে কিনা তাহা পরীক্ষা কর।

এই প্রকারে যথাক্রমে BC, CD, DE এবং EF পার্শ্ব কয়টিকেও সমতল এবং প্রান্তের সহিত 'স্কোয়ার' করিয়া অন্তর্বর্ত্তী কোণকে 120° করিয়া লও।

শেষে, হেক্সাগনের যদি পার্শ্বের মাপ দেওয়া থাকে, তাহা হইলে উহাকে 1·732 দ্বারা গুণ করিয়া লইয়া ঐ মাপ একটি আউট-সাইড ক্যালিপার্সে তোল এবং এই ক্যালিপার্স দ্বারা FA, DC ইত্যাদি দুইটি বিপরীত পার্শ্বের দূরত্বকে পরীক্ষা কর।

(৫) শাফ্‌টের উপর 'কী-ওয়ে' (**Key-way**) তৈয়ার করা—

যন্ত্র এবং সরঞ্জাম :—ক্রস্‌-কাট চিজেল, হ্যামার, সাইড চিজেল, ডায়মণ্ড পয়েণ্ট চিজেল, সেফ এজ স্কোয়ার ফাইল, ট্র্যাঙ্গুলার ফাইল, ইন সাইড ক্যালিপার্স, ট্রাই-স্কোয়ার, ডেপ্‌থ গেজ, বেঞ্চ ভাইস এবং ভাইস ক্ল্যাম্প।

প্রথমে ৯৩নং পৃষ্ঠায় বর্ণিত মার্কিং প্রণালীর ৬নং উদাহরণ অনুযায়ী শাফ্‌টের সমতল প্রান্তে এবং গোল করা উপরিভাগের উপর 'কী-ওয়ে' (Key-way) চিহ্নিত কর। পরে, চিহ্নিত স্থানকে একটি ক্রস্‌-কাট চিজেলের সাহায্যে (প্রতিবার অনুমান $\frac{1}{16}$ ইঞ্চ ক্রমে) ক্ষয় করিয়া নালী তৈয়ার কর। নালীটি এমন চওড়া হওয়া প্রয়োজন যাহাতে ডট্‌পাঞ্চ চিহ্নের অর্দ্ধ ক্ষয় হইয়া গিয়া বাকী অর্দ্ধ শাফ্‌টের উপরে থাকে। এখন, কী-ওয়েকে যে মাপের চওড়া করা প্রয়োজন ঐ মাপ একটি ইন-সাইড ক্যালিপার্সে তুলিয়া উহা দ্বারা চওড়া মাপ ঠিক হইয়াছে কিনা তাহা পরীক্ষা কর। এইবার, একটি 'সাইড চিজেল' দ্বারা এই নালীর পার্শ্ব দুইটিকে ক্ষয় করিয়া মসৃণ কর।

এখন, একটি 'সেফ্‌ এজ' রকমের স্কোয়ার ফাইলের সাহায্যে নালীর তলদেশকে সমতল কর এবং একটি ট্রাই-স্কোয়ার দ্বারা এই সমতলতা পরীক্ষা কর। কী-ওয়েকে যে মাপের গভীর করা প্রয়োজন উহা 'ডেপ্‌থ গেজ' যন্ত্রে তুলিয়া উহা দ্বারা গভীরতা মাপ ঠিক হইয়াছে কিনা তাহা পরীক্ষা কর। শেষে, ট্র্যাঙ্গুলার ফাইল এবং ডায়মণ্ড পয়েণ্ট চিজেল দ্বারা নীচে দিকের কোণ দুইটিকে তীক্ষ্ণ করিয়া সমকোণী কর।

(৬) গোল ধাতুখণ্ডের ডায়মেটারকে কমান—

যন্ত্র এবং সরঞ্জাম :—হ্যাক-স, ফ্ল্যাট চিজেল, হ্যামার, রাফ্‌ এবং সেকেণ্ড কাট স্তরের ফ্ল্যাট ফাইল, ষ্টীল-রুল, আউট-সাইড ক্যালিপার্স, বেঞ্চ ভাইস, এবং ভাইস ক্ল্যাম্প।

ইহা সাধারণতঃ লেদ মেশিনে 'টার্নিং' (Turning) করিয়াই করা হইয়া থাকে। কারণ, ইহাতেই এই কাজ সহজে এবং ভালভাবে করা যায়। ফিটিং বিভাগে ফাইলিং করিয়া ইহা করিতে হইলে প্রথমে 'চিপিং'

প্রণালীতে গোল আকারকে ক্ষয় করিয়া চারিকোণযুক্ত, পরে এই চারি কোণকে ক্ষয় করিয়া আট কোণযুক্ত, তাহার পরে আবার এই আটকোণকে ক্ষয় করিয়া ষোলকোণযুক্ত, এইভাবে ক্রমশঃ কোণের সংখ্যা বাড়াইতে হয়। শেষে, 'রাউণ্ড ফাইলিং' প্রণালীতে ফাইল চালনা করিলেই উহা গোল হইয়া যায়।

মনে কর, দেড় ইঞ্চ ডায়মেটারের একটি গোলখণ্ডকে $\frac{7}{8}$ ইঞ্চ ডায়মেটারের গোলে পরিণত করিতে হইবে। স্থতরাং, প্রথমে ১০৩নং পৃষ্ঠায় বর্ণিত মার্কিং প্রণালীর ৯নং উদাহরণ অনুযায়ী খণ্ডটির দুইটি প্রান্তে গোল, চতুষ্কোণ এবং অষ্টকোণ আকার আঁক এবং কোণের বিন্দুগুলিকে ডট্‌পাঞ্চ দ্বারা চিহ্নিত কর।

এখন লক্ষ্য কর যে, চিহ্নিত চতুষ্কোণ আকারটির বাহিরে কি পরিমাণ ধাতু আছে। যদি বেশী পরিমাণ ধাতু থাকিয়া থাকে, তাহা হইলে হ্যাক্-স দ্বারা কাটিয়া ফেল। আর, যদি সামান্য ধাতু থাকিয়া থাকে, তাহা হইলে একটি ফ্ল্যাট চিজেলের সাহায্যে ধীরে ধীরে চিপিং করিয়া এই চারিটি কোণকে এমনভাবে ক্ষয় কর যাহাতে উহাতে আটটি কোণ গঠিত হয় এবং প্রতিটী পার্শ্ব প্রায় সমান হয়। ইহার পর, একটি রাফ্ স্তরের দশ ইঞ্চ ফ্ল্যাট ফাইল দ্বারা এই আটটি কোণকে ক্ষয় করিয়া ষোল কোণ কর।

এইবার, একটি সেকেণ্ড কাট ফাইল দ্বারা 'ড্র' এবং 'রাউণ্ড' ফাইলিং নিয়মে কোণগুলিকে ক্ষয় করিয়া গোল কর। এই গোল করার সময় লক্ষ্য রাখ যে, অঙ্কিত ভিতরের সার্কেলটির পরিধির ডট্‌পাঞ্চগুলি যেন অর্দ্ধ ক্ষয় হইয়া বাকী অর্দ্ধ খণ্ডটিতেই থাকিয়া যায়।

শেষে, খণ্ডটিকে যে মাপের গোল করা প্রয়োজন ঐ মাপ একটি আউট-সাইড ক্যালিপার্সে তুলিয়া উহা দ্বারা পরীক্ষা করিয়া দেখ যে, খণ্ডটি ঠিক $\frac{7}{8}$ ইঞ্চ ডায়মেটারের গোল হইয়াছে কিনা।

(৭) 'টেপার পিন'-এর জন্য ছিদ্র করা—

যন্ত্র এবং সরঞ্জাম :—টুইষ্ট ড্রিল, ড্রিল-চাক, টেপার রীমার, এবং রীমার হ্যাণ্ডল।

'টেপার পিন' ব্যবহার করার জন্য দুইটি অংশকেই একত্র ছিদ্র করার প্রয়োজন হয় (যেমন কলার এবং স্পিণ্ডলের বেলায়)। এই ছিদ্র পিনটির সরু দিকের যে ডায়মেটার উহা অপেক্ষা একটু ছোট মাপের হওয়া আবশ্যক। সুতরাং, প্রথমেই লক্ষ্য কর যে, 'টেপার পিন'-এর সরু প্রান্তটির ডায়মেটার কত। এই ডায়মেটার মাপ হইতে একটু কম মাপের একটি টুইষ্ট ড্রিল লইয়া 'ড্রিল-চাক'এর মধ্যে উহাকে প্রবেশ করাও। এখন, 'ড্রিল চাক'টিকে ড্রিলিং মেশিনের স্পিণ্ডলের মধ্যে প্রবেশ করাইয়া যে দুইটি অংশকে একত্র ছিদ্র করিতে হইবে উহাদিগকে একত্র ডাইসে আটকাইয়া লইয়া ছিদ্র কর।

পরে, ক্রমশঃ সরু করা অর্থাৎ 'টেপার' শ্রেণীর একটি রীমারকে হ্যাণ্ডলের সাহায্যে ঘুরাইয়া ঐ ছিদ্রের মধ্যে প্রবেশ করাও। রীমারকে কতদুর পর্য্যন্ত ভিতরে প্রবেশ করাইতে হইবে তাহা নির্ভর করে 'পিন'এর মাপের উপর। সুতরাং, পিনটি যতক্ষণ পর্য্যন্ত না ছিদ্রের মধ্যে প্রবেশ করার উপযোগী হয় ততক্ষণ ধীরে ধীরে রীমারকে ছিদ্রের মধ্যে চালনা কর।

'টেপার পিন'-এর জন্য ছিদ্র করার উপযোগী ড্রিলের মাপ— 'টেপার পিন' সর্ব্বদা এক নির্দ্দিষ্ট মাপে তৈয়ারী হয় হয় এবং ইহার ডায়মেটার সাধারণতঃ 1:48 হারে ক্রমশঃ সরু করা থাকে। 'টেপার পিন'-এর মাপ সর্ব্বদা উহার মোটা প্রান্তটির ডায়মেটার এবং লম্বা মাপ দ্বারা প্রকাশ করা হইয়া থাকে। যেমন, একটি টেপার 'পিন-এর মাপ— $\frac{5}{16}$ ইঞ্চ ডায়মেটার এবং দুই ইঞ্চ লম্বা। যেহেতু ইহা প্রতি ইঞ্চে 1:48 ইঞ্চ হারে সরু করা, সুতরাং, ইহার সরুদিকের ডায়মেটার

$= \frac{5}{16} - \frac{1}{48} \times 2 = \frac{13}{48}$

$= 0{\cdot}2706$ ইঞ্চ

$=$ (মোটামুটিভাবে) $\frac{17}{64}$ ইঞ্চ।

সুতরাং, এই পিনের জন্য $\frac{17}{64}$ ইঞ্চ মাপের ড্রিল দ্বারা ছিদ্র করিতে হইবে ইহা স্থির হয়।

(৮) 'পুলী' এবং 'শাফ্ট'এ টেপার 'কী' পরান—

যন্ত্র এবং সরঞ্জাম:—স্মুথ ফাইল, হ্যামার, কাঠের খণ্ড, এবং কী-ড্রিফ্ধ।

প্রথমে শাফ্টের উপরিভাগ, পুলীর ছিদ্র এবং ইহাদের 'কী ওয়ে'কে ভালভাবে মুছিয়া লও। পরে, পুলীটিকে 'কী-ওয়ে'র গভীরতা যেদিকে বেশী ঐদিক সম্মুখে রাখিয়া শাফটের উপর এমনভাবে আরোহণ করাও যাহাতে শাফ্ট এবং পুলীর 'কী-ওয়ে' পরস্পর ঠিক মিলিয়া যায়।

এখন, একটি স্মুথ ফাইল দ্বারা 'কী'-র চারিটী কোণের তীক্ষ্ণতাকে সামান্য কমাইয়া লও এবং যে প্রান্ত মোটা উহাকে সম্মুখদিকে রাখিয়া 'কী-ওয়ে'র মধ্যে 'কী'কে প্রবেশ করাও। এইবার 'কী'র মাথার উপর একটি কাঠের খণ্ড রাখিয়া যতক্ষণ পর্য্যন্ত না 'কী' ভিতরে মোটামুটিভাবে প্রবেশ করে এবং ভিতরে আটকাইয়া যায় ততক্ষণ উহার উপর আঘাত দাও। প্রত্যক্ষভাবে ষ্টীলের তৈয়ারী হ্যামার দ্বারা কখনও 'কী'র উপর আঘাত দিও না। ইহাতে 'কী'র মাথা বিকৃত হইয়া যাইবে।

এখন, 'কী'র অপরপ্রান্তে একটি 'কী-ড্রিফ্ট' (Key-Drift) রাখিয়া আঘাত দাও। আঘাতের ফলে 'কী' সম্মুখ দিক দিয়া বাহির হইয়া আসিবে। এই সময় লক্ষ্য কর যে, ইহার উপরিভাগে কোন্ কোন্ স্থানে চাপের চিহ্ন পড়িয়াছে। এই চিহ্নযুক্ত স্থানকে স্মুথ ফাইলের সাহায্যে 'ড্র ফাইলিং করিয়া সামান্য ক্ষয় কর এবং 'কী'র চারিটী পার্শ্বে একটু তৈল লাগাইয়া আবার পূর্ব্বের মত উহাকে 'কী-ওয়ে'র মধ্যে প্রবেশ করাও এবং পরে 'কী-ড্রিফ্ট'-এর সাহায্যে বাহির করিয়া আন। চিহ্ন লক্ষ্য করিয়া স্মুথ ফাইল দ্বারা আবার 'ড্র' ফাইলিং কর। কিছুক্ষণ এই রকম করার পর 'কী'টি ক্রমশঃ ভিতরে প্রবেশ করিবে এবং দৃঢ়ভাবে আটকাইয়া পড়িবে।

'কী' ভিতরে প্রবেশ করার পর উহার মাথা যাহাতে শাফ্টের প্রান্ত হইতে প্রায় $\frac{1}{4}$ ইঞ্চ বাহির হইয়া থাকে এমনভাবে উহাকে 'কী-ওয়ে'র ভিতরে আটকাইয়া রাখা নিয়ম।

(৯) বেয়ারিং-এ তৈল নালী (Oil groove) কাটা—

যন্ত্র এবং সরঞ্জাম :—টেম-প্লেট, স্ক্রাইবার, রাউণ্ড নোজ চিজেল এবং হ্যামার।

যে রকমের তৈল নালী করিতে হইবে কার্ডবোর্ড কিংবা পাতলা শীটের ভিতর অংশকে ঐরকমভাবে কাটিয়া প্রথমে একটি 'টেমপ্লেট' (Template) তৈয়ার কর। পরে, উহাকে বেয়ারিং উপর রাখিয়া স্ক্রাইবার দ্বারা কাটা ধার অবলম্বনে লাইন টান। এখন, বাঁকা মুখ যুক্ত রাউণ্ড-নোজ শ্রেণীর চিজেল দ্বারা প্রথম খণ্ডের ২১৩নং পৃষ্ঠার ছবির মত উপরদিক হইতে চিহ্নিত স্থানে তৈল-নালী কাট।

(১০) দ্বিখণ্ড বেয়ারিংকে শাফ্‌টের সহিত মিল করান—

যন্ত্র এবং সরঞ্জাম :—ম্যাণ্ড্রেল, নীল কিংবা লাল রং, হাফ্‌ রাউণ্ড স্ক্রেপার, বেঞ্চ ভাইস, ভাইস ক্ল্যাম্প।

শাফ্‌টের ডায়মেটার যে মাপের বেয়ারিংকে প্রথমে উহা অপেক্ষা অতি সামান্য কম মাপে লেদ মেশিনে 'টার্নিং' করিয়া লও। শাফ্‌ট যদি অনেক মোটা বা লম্বা হইয়া থাকে, তাহা হইলে ঐ ডায়মেটারের একটি ম্যাণ্ড্রেল (Mandrel)-ও লেদ মেশিনে তৈয়ার কর। কারণ, শাফ্‌ট বেশী মোটা কিংবা লম্বা হইলে উহাকে হাতে ঘুরান সম্ভব হইবে না। ম্যাণ্ড্রেলটি মাত্র এমন লম্বা হওয়া প্রয়োজন যাহাতে উহাকে বেয়ারিং-এর উপর রাখিলে দুই পার্শ্ব হইতে হাতে ধরিতে অসুবিধা না হয়।

এইবার, বেয়ারিং-এর নীচের খণ্ডটিকে বেঞ্চ-ভাইসে 'ভাইস ক্ল্যাম্প'-এর উপর এমনভাবে আটকাও যাহাতে উহার গহ্বর অংশ (concave) উপরের দিকে মুখ করিয়া থাকে। এই গহ্বর অংশকে মুছিয়া পরিষ্কার করিয়া লইয়া ঐখানে নীল (Prussian blue) অথবা লাল (red lead) রং খুব পাতলা করিয়া লাগাও। এই রং যেন কোথাও ডেলা হইয়া না থাকে। ইহা সকল স্থানে সমানভাবে লাগা প্রয়োজন। পরে, ম্যাণ্ড্রেলটিকে মুছিয়া লইয়া ইহার উপর এমন সাবধানে রাখ যাহাতে উহা রাখার

সময় ঘুরিয়া বা সরিয়া না যায়। ম্যাণ্ড্রেলটির তুইটি প্রান্তকে এইবার হাত দিয়া ধরিয়া একবার সম্মুখদিকে এবং একবার পিছন দিকে এইভাবে ঘুরাও এবং ম্যাণ্ড্রেলটিকে উঠাইয়া লইয়া দেখ যে, বেয়ারিং এর উপর কোন্ কোন্ স্থানে চিহ্ন পড়িয়াছে। এখন, এই চিহ্নগুলির মধ্যে যেগুলি বেশী স্পষ্ট মাত্র উহাদিগকেই একটি হাফ্ রাউণ্ড স্ক্রেপার দ্বারা প্রথম খণ্ডের ২৪১ নং পৃষ্ঠায় (ক) এবং (খ) ছবির মত 'স্ক্রেপিং' কর। 'স্ক্রেপিং'-এর ফলে বেয়ারিং-এর উপর যে ধাতুর গুঁড়া জমা হইবে উহাকে পরিষ্কার করিয়া এবং বেয়ারিংকে মুছিয়া লইয়া আবার উহার উপর পূর্ব্বের মত রং লাগাও।

এইবার, ম্যাণ্ড্রেলটিকে মুছিয়া বেয়ারিং-এর উপর পূর্ব্বের মত রাখ এবং উহাকে ঘুরাইবার পর উঠাইয়া দেখ যে, কোন্ কোন্ স্থানে চিহ্ন পড়িয়াছে। আবার পূর্ব্বের মত অপেক্ষাকৃত স্পষ্ট চিহ্নগুলিকে 'স্ক্রেপিং' কর। এই রকম করিতে করিতে যতক্ষণ পর্য্যন্ত না চিহ্নগুলি সকল স্থানে সমানভাবে বিস্তৃত দেখা যায় ততক্ষণ ক্রমান্বয়ে উপরোক্ত কাজগুলি করিয়া যাও। চিহ্নগুলি সকল স্থানে সমানভাবে বিস্তৃত হইয়াছে দেখা গেলেই বেয়ারিং-এর খণ্ডটি শাফ্‌টের সহিত মিলিয়াছে ইহা স্থির হয়।

পরে, বেয়ারিং-এর উপরের খণ্ডটিকেও এই একই রকম উপায়ে 'স্ক্রেপিং' করিয়া মিল কর।

কামারশালার যন্ত্রাদি ও কার্য্যপ্রণালী

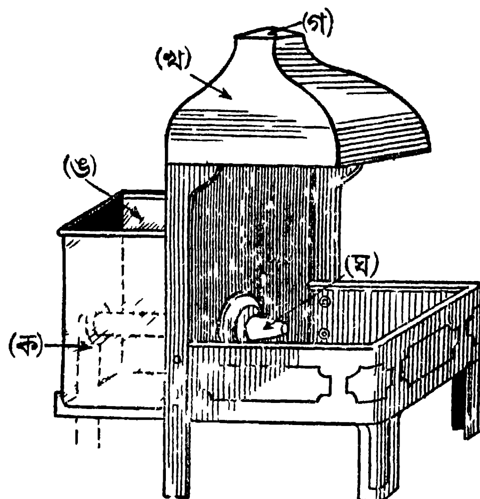
(Blacksmith Tools & Processes)

কামারশালায় সাধারণতঃ মাইল্ড ষ্টীল এবং রট আয়রণের খণ্ড লইয়া কাজ করা হইয়া থাকে। কারবণ ষ্টীল এবং হাই-স্পীড ষ্টীলের খণ্ডও কখনও কখনও ব্যবহার করা হয়।

প্রত্যেক ফিটারেরই কামারশালার কার্য্যপ্রণালী এবং যন্ত্রাদি সম্বন্ধে কিছু সাধারণ জ্ঞান থাকা উচিত। কারণ, তাহাকে প্রায়ই এমন সকল কাজ করিতে হয় যাহা কামারশালার সহায়তা ভিন্ন সম্পন্ন করা সম্ভব হয় না। এইজন্য, নীচে প্রথমে কামারশালার সরঞ্জাম ও যন্ত্র এবং পরে কাজের প্রণালী সম্বন্ধে সংক্ষেপে আলোচনা করা হইতেছে।

সরঞ্জাম ও যন্ত্র

ফোর্জ (Forge) বা হার্থ (Hearth)—ইহার মধ্যে কর্ম্মকার (ব্ল্যাকস্মিথ Blacksmith) লৌহখণ্ডকে উত্তপ্ত করে। ইহা খোলা চুল্লী। ইঁট অথবা লৌহের পাত (Iron sheet) দ্বারা ইহা তৈয়ারী হয়। ইহার পিছনের দিকে 'টায়ার' (Tuyere) নামে একটি মোটা পাইপ (ক) থাকে। কয়লাকে জ্বালাইবার জন্য এই পাইপের মধ্য দিয়া হাতে টানা হাঁপড়ের (Bellow) সাহায্যে অথবা ইলেকট্রিক মোটর চালিত পাখা 'ব্লোয়ার'

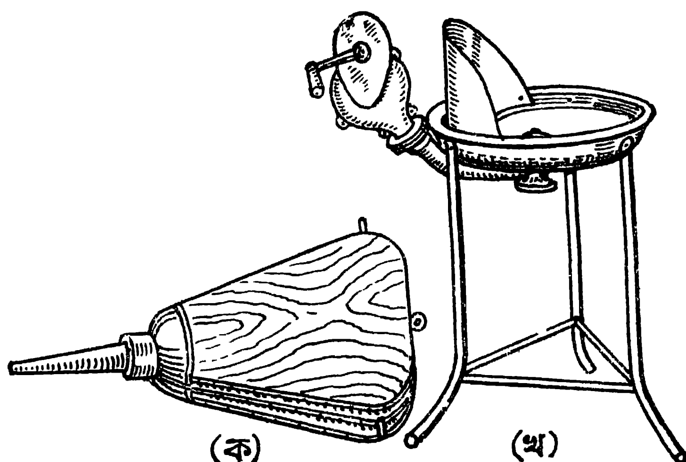


(Blower) দ্বারা ফোর্জের মধ্যে বাতাস পাঠান হয়। যখন যেমন তাপ প্রয়োজন ঐ অনুযায়ী কম বা বেশী পরিমাণ বাতাস ভিতরে পাঠানর জন্য হাঁপড়কে ধীরে অথবা দ্রুত টানিতে হয়। কিন্তু, মোটর চালিত পাখার বেলায় 'টায়ার-এর ছিদ্রপথকে একটি লৌহের পাতদ্বারা নিয়ন্ত্রিত করিলেই চলে। ফোর্জের উপরের দিকে যে ঢাকনী (হুড Hood) (খ) এবং চিম্নী (Chimney) (গ) থাকে উহা কয়লার ধোঁয়াকে চারিদিকে ছড়াইতে না দিয়া

নির্দ্দিষ্ট পথে উপরের দিকে বাহির করাইয়া দেয়। 'টায়ার'-এর মুখটি যাহাতে খুব বেশী উত্তপ্ত হইয়া গলিয়া না যায় এই বিষয়ে সাবধানতার জন্য ঐখানে একটি 'নজল' (Nozzle) (ঘ) দেওয়া থাকে। ইহা ফাঁপা। ভিতরে সর্ব্বদা জল রাখিয়া ইহাকে অপেক্ষাকৃত ঠাণ্ডা রাখা হয়। এই জল ফোর্জের পিছনদিকে বসান একটি জলাধার (water tank) (ঙ) হইতে আসে।

ব্লোয়ার (Blower)—কয়লাকে জ্বালাইবার জন্য ফোর্জের মধ্যে যে বাতাস পাঠান প্রয়োজন হয় ইহা তাহা সরবরাহ করে। 'ব্লোয়ার'কে প্রধানতঃ দুই শ্রেণীতে ভাগ করা যায়—

(১) হ্যাণ্ড ব্লোয়ার (Hand Blower)—হাত দ্বারা চালিত। ইহা দুই রকমের হয়—



(ক) হাঁপড় (Bellow)।

(খ) হাতে ঘোরান পাখা সম্বলিত। ইহাকে এক স্থান হইতে অন্য স্থানে লইয়া যাওয়া চলে (Portable)।

(২) পাওয়ার ব্লোয়ার (Power Blower)—ইহা পাখা সম্বলিত এবং সাধারণতঃ ইলেকট্রিক মোটর দ্বারা চালিত হয়।

কয়লা (Coal)—সাধারণতঃ তিন রকম কয়লা কামারশালায় ব্যবহৃত হয়।

(১) স্মিথ কোল (Smith Coal)—ইহা ঘন সন্নিবিষ্ট তাপ সৃষ্টি করে বলিয়া কামারশালার সকল রকম কাজের পক্ষে ইহাই সর্ব্বাপেক্ষা উপযোগী হয়। ব্যবহারের পূর্ব্বে কয়লাকে চালুনি দ্বারা চালিয়া এবং ধুইয়া লওয়া নিয়ম। কারণ, ইহাতে কয়লার সহিত মিশ্রিত ধুলা এবং অপ্রয়োজনীয় জিনিষগুলি দূর হইয়া যায়।

(২) কাঠ কয়লা (Charcoal)—ছোট ছোট ধাতুখণ্ডকে উত্তপ্ত করিতে ইহা উপযোগী হয়। কিন্তু, ধাতুখণ্ডকে জোড়া দেওয়ার (ওয়েল্ডিং Welding) কাজে এই কয়লা আবশ্যক তাপ সৃষ্টি করিতে পারে না। খনিজ কয়লা হইতে ইহার দাম বেশী।

(৩) কোক (Coke)—আধপোড়া খনিজ কয়লা। 'স্মিথ কোল'-এর তুলনায় ইহার দাম কম। ইহা ঘন-সন্নিবিষ্ট তাপ তৈয়ারী করিতে পারে না। উপরন্তু, শীঘ্র জ্বলিয়া যায়।

আগুন (Fire)—ফোর্জের মধ্যে সাধারণতঃ এই দুই রকম আগুন দেখা যায়—

(৪) খোলা আগুন (Open Fire)—জমান কয়লা 'নজল'-এর মুখে বাহিরে জ্বলার আগুন।

(২) ফাঁপা আগুন (Hollow Fire)—উপরে অন্য কয়লা দ্বারা ঢাকা অবস্থায় 'নজল'-এর মুখে ভিতরে জ্বলার আগুন।

'খোলা' আগুন অপেক্ষা 'ফাঁপা' আগুনই সকল রকম কাজের পক্ষে ভাল। কারণ, ইহা দ্বারা লৌহখণ্ড খুব শীঘ্র এবং সমানভাবে উত্তপ্ত হইতে পারে।

আগুনের উজ্জ্বল অংশকে বেশী স্থান জুড়িয়া থাকিতে দেওয়া উচিত নয়। যে লৌহখণ্ডকে উত্তপ্ত করিতে হইবে উহার আকার অনুযায়ী ইহা সর্ব্বদা যত কেন্দ্রীভূত থাকে ততই ভাল। এইজন্য আগুনকে বিস্তৃত হইতে

বাধা দেওয়ার উদ্দেশ্যে অবশিষ্ট কয়লার উপরিভাগে মধ্যে মধ্যে জলসেচন এবং আবশ্যক স্থলে) নূতন কয়লা যোগ করা প্রয়োজন হয়। 'নজল'-এর মুখ এবং লৌহখণ্ড এই দুইয়ের মধ্যবর্ত্তী স্থানে সর্ব্বদা যথাসম্ভব বেশী কয়লা রাখা উচিত। কম কয়লা থাকিলে, উত্তপ্ত লৌহখণ্ডের উপরিভাগ বায়ুর অক্সিজেনের সহিত রাসায়নিকভাবে যুক্ত (oxidised) হওয়ার সুযোগ পায়। ফলে, উহার উপরে আঁইশের (scale) মত এক আবরণ পড়ে। এই আবরণ তাপ চলাচলকে বাধা দেয় বলিয়া লৌহখণ্ড ঠিকমত উত্তপ্ত হইতে পারে না।

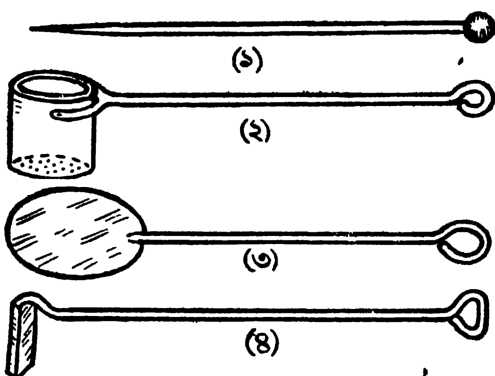
আগুন সর্ব্বদা পরিষ্কার থাকা উচিত। ময়লা আগুনের (dirty fire) তাপ খুব কম হয়। পোড়া ধাতু এবং পোড়া কয়লা (ছাই) এই দুই মিশিয়া আগুনের মধ্যে ঝামার মত ছিদ্র-বহুল এক জিনিষের (clinker) উদ্ভব হয়। ইহা গরম অবস্থায় স্পঞ্জের মত নরম থাকে বটে, কিন্তু বাহিরে আনিলে ঠাণ্ডা হইয়া খুব শক্ত হইয়া যায়। ইহা আগুনের মধ্যে থাকিলে কয়লা ঠিকমত জ্বলিতে পারে না। সুতরাং, ইহা ভিতরে উৎপন্ন হওয়ামাত্র ফেলিয়া দেওয়া উচিত।

আগুনের ব্যাপারে সাধারণতঃ নিম্নলিখিত চারিটি সরঞ্জাম প্রয়োজন হয়—

(১) পোকার (Poker)—ইহার সাহায্যে উপরোক্ত ঝামার মত জিনিষ- (clinker)গুলিকে কয়লা হইতে পৃথক করা হয়।

(২) স্প্রিঙ্কলার (Sprinkler)—ইহা দ্বারা কয়লার উপরে জলসেচন করা হয়।

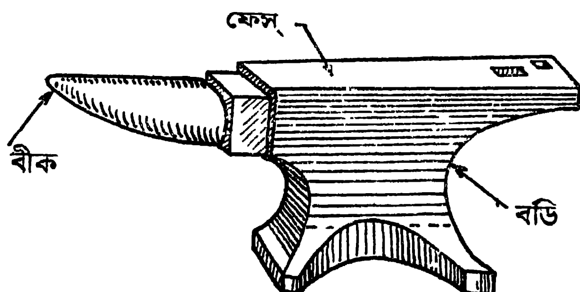
(৩) স্পেড (Spade) —কয়লাকে সরাইতে অথবা একত্রিত করিতে এবং ফাঁপা আগুনের বাহিরের দিকে আঘাত দিতে ইহা ব্যবহার করা হয়।



(৪) রেক (Rake)—ফোর্জে কয়লা দিতে অথবা ফোর্জ হইতে পোড়া কয়লাকে বাহিরে আনিতে ইহা ব্যবহার করা হয়।

এনভিল (Anvil)—বাংলা ভাষায় চলিতভাবে ইহাকে "নেহাই" বলে। ইহার (ফেস্ Face-এর) উপরে লৌহখণ্ডকে রাখিয়া হাতুড়ীর আঘাত দেওয়া হয়। ইহার দেহ (Body) সাধারণতঃ মাইল্ড ষ্টীল দ্বারা তৈয়ারী হয় এবং সমতল অংশের উপরিভাগে 'হাই-কারবন ষ্টীল'-এর প্রায় এক ইঞ্চ মোটা পাত ওয়েল্ডিং করা থাকে।

এনভিলের ক্রমশঃ সূক্ষ্ম যে অংশ উহার নাম 'বীক' (Beak) অথবা 'হর্ণ' (Horn)। ইহার উপরে রাখিয়া লৌহখণ্ডকে গোল করিয়া



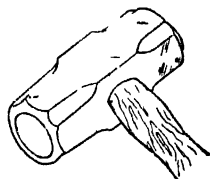
বাঁকান হয়। 'বীক' এবং এনভিলের সমতল উপরিভাগ—এই দুই-এর মধ্যে যে থাকটি আছে উহার উপরে লৌহখণ্ডকে রাখিয়া 'হট' অথবা 'কোল্ড'-সেট দ্বারা উহাকে খণ্ড করা হয়। এনভিলের উপরের দিকে যে চারিকোণ ছিদ্র বর্ত্তমান উহার মধ্যে 'হার্ডি', 'ফুলার', 'সোয়েজ' ইত্যাদি যন্ত্রের নীচের অংশকে বসান থাকে।

এনভিলের ওজন সাধারণতঃ তিন হইতে চার মন হয়। গাছের মোটা গুঁড়িকে মাটির মধ্যে গভীরভাবে পুঁতিয়া উহার উপরে অথবা কাষ্ঠ আয়রণের তৈয়ারী চতুষ্কোণ আধারের উপরে ইহাকে বসাইতে হয়। এই বসাইবার সময় এনভিলের উপরিভাগকে ভূমি হইতে প্রায় দুই ফুট উচ্চে রাখা নিয়ম।

হ্যামার (**Hammer**)—বাংলা নাম 'হাতুড়ী'। ইহার সাহায্যে লৌহখণ্ডের উপর আঘাত দেওয়া হয়। কামারশালার যে সকল 'হ্যামার' অর্থাৎ 'হাতুড়ী' ব্যবহার করা হইয়া থাকে উহাদিগকে প্রধানতঃ এই তিন শ্রেণীতে ভাগ করা যায়।

(১) হ্যাণ্ড হ্যামার (Hand Hammer)—ইহা সাধারণতঃ দেড় হইতে দুই পাউণ্ড ওজনের হয় এবং এক হাতে ব্যবহার করার উপযোগী। এই 'হ্যাণ্ড হ্যামার' তিন রকমের হয়। এই বিষয়ে প্রথম খণ্ডে ২০২নং পৃষ্ঠায় আলোচনা করা হইয়াছে।

(২) স্লেজ হ্যামার (Sledge Hammer)—ইহা খুব ভারী এবং দুই হাতে ব্যবহার করার উপযোগী। পার্শ্বে ইহার ছবি দেওয়া হইল। সাধারণতঃ ইহা সাত হইতে এগার পাউণ্ড ওজনের হয়। কাঠের হাতল লম্বায় চব্বিশ হইতে বত্রিশ ইঞ্চ পর্য্যন্ত হইয়া থাকে।

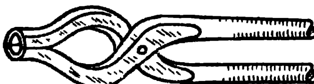


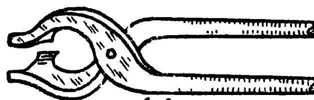
(৩) পাওয়ার হ্যামার (Power Hammer) —অর্থাৎ, মেশিন দ্বারা চালিত হাতুড়ী। যেখানে ধাতুখণ্ড খুব বড় হয় এবং ধাতুকে প্রসারিত করার জন্য খুব বেশী জোরে আঘাত দেওয়ার প্রয়োজন হয়, সেখানে 'স্লেজ হ্যামার' এর পরিবর্ত্তে 'নিউমেটিক হ্যামার' (Pneumatic Hammer), 'ষ্টীম হ্যামার' (Steam Hammer), ইত্যাদি বিভিন্ন শক্তি-চালিত হ্যামার ব্যবহার করা হইয়া থাকে।

টং (**Tong**)—বাংলা নাম "সাঁড়াশী"। ইহা মাইল্ড ষ্টীল দ্বারা তৈয়ারী হয়। যে জিনিষকে ধরিতে হইবে উহার আকার অনুযায়ী ইহা অনেক রকমের হয়। টং-এর যে অংশটুকু দ্বারা জিনিষকে ধরা হইয়া থাকে উহাকে উহার 'বিট' (Bit) বলে। সাধারণতঃ যে রকমের টং ব্যবহৃত হইয়া থাকে। পরের পৃষ্ঠায় উহাদের ছবি দেওয়া হইল।

(১) ফ্ল্যাট টং (Flat Tong)—সমতল (চ্যাপ্টা) জিনিষকে ধরার জন্য।


(১)


(২)

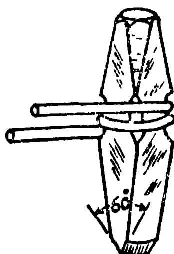

(৩)


(৪)

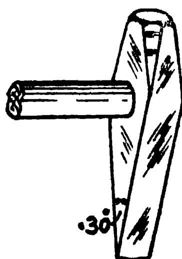
(২) রাউণ্ড হলো বীট টং (Round Hollow Bit Tong)—সরু গোল জিনিষকে ধরার জন্য।

(৩) রাউণ্ড মাউথ টং (Round Mouth Tong)—খুব মোটা গোল জিনিষকে ধরার জন্য।

(৪) স্কোয়ার মাউথ টং (Square Mouth Tong)—চতুষ্কোণ বড় জিনিষকে ধরার জন্য।

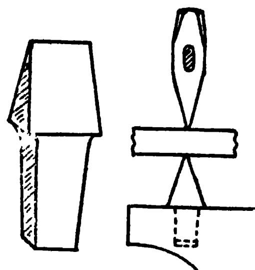


কোল্ড সেট (Cold Set)—ইহা প্রকৃতপক্ষে একপ্রকার 'চিজেল'। টুল-ষ্টীল দ্বারা ইহা তৈয়ারী হয় এবং মুখটি শক্ত করা এবং টেম্পার দেওয়া থাকে। ঠাণ্ডা অবস্থায় ধাতুকে খণ্ড করিতে ইহা ব্যবহার করা হইয়া থাকে। ইহার মুখ সাধারণতঃ 60°, কোণযুক্ত এবং হাতল সরু রড (rod) দ্বারা তৈয়ারী থাকে। 'কোল্ড সেট'কে ব্যবহার করিতে হইলে নীচে 'হার্ডি' নামক যন্ত্র রাখিয়া লইতে হয়। এই দুইটিকে একত্র ব্যবহার করিতে হয় বলিয়া ইহার নামের সহিত 'সেট' কথাটি যুক্ত।

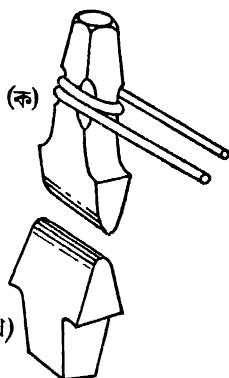


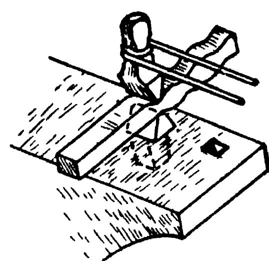
হট সেট (Hot Set)—ইহাও দেখিতে 'চিজেল'-এর মতই এবং টুল-ষ্টীল দ্বারা তৈয়ারী। কিন্তু, মুখটি 30° কোণযুক্ত। ইহা টেম্পার দেওয়া থাকে না। উত্তপ্ত অবস্থায় ধাতুকে খণ্ড করিতে ইহা ব্যবহার করা হয়। খণ্ড করার সময় মধ্যে মধ্যে ইহাকে জলে ডুবাইয়া লওয়া উচিত। ইহার হাতল কাঠ কিংবা সরু রড দ্বারা তৈয়ারী থাকে। 'কোল্ড সেট'-এর মত ইহার নীচেও 'হার্ডি' ব্যবহার করিতে হয়।

হার্ডি (Hardie)—ইহা 'কোল্ড' অথবা 'হট'-সেটের নীচের অংশ। এনভিলের চতুষ্কোণ ছিদ্রের মধ্যে ইহাকে বসাইয়া, উপরে ধাতুখণ্ড এবং তাহার উপরে 'কোল্ড' অথবা 'হট'-সেট রাখিয়া হাতুড়ীর আঘাত দিতে হয়।

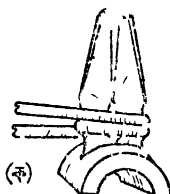


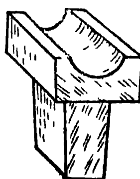
ফুলার (Fuller)—ইহাও শক্ত ষ্টীল দ্বারা এবং অপরটিকে উপরে ব্যবহার করিতে হয়। উপরের অংশটিকে 'টপ ফুলার' (Top Fuller) (ক) এবং নীচের অংশকে 'বটম ফুলার' (Bottom Fuller) (খ) বলে। 'হার্ডি'-র মত 'বটম ফুলার'-কেও এনভিলের চতুষ্কোণ ছিদ্রের মধ্যে বসাইতে হয় এবং উপরে টপ ফুলার' রাখিয়া হাতুড়ীর আঘাত দিতে হয়। ইহার হাতল প্রায়ই লৌহের সরু রড (rod) দ্বারা তৈয়ারী করা থাকে। ধাতুখণ্ডের কোন অংশে গোল গহ্বর (concave) তৈয়ারী করিতে অথবা সরু করার পূর্ব্বে প্রয়োজনীয় থাক তৈয়ারী করিতে ইহা উপযোগী।

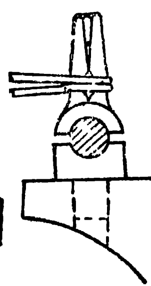




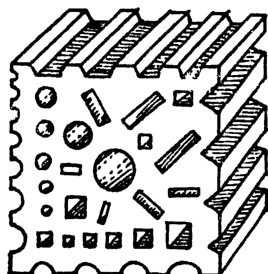
সোয়েজ (Swage)—ইহাও শক্ত ষ্টীল দ্বারা তৈয়ারী। 'ফুলার-এর' মত ইহার ও দুইটি অংশ। উপরের অংশটিকে 'টপ সোয়েজ' (Top Swage) (ক) এবং নীচের অংশটিকে 'বটম সোয়েজ' (Bottom



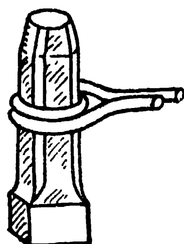




Swage) (খ) বলে। কোন লৌহখণ্ডকে সরু করিতে হইলে উহাকে প্রথমে ক্রমান্বয়ে যে গোল, ছয় কোণ এবং আট কোণযুক্ত করা হইয়া থাকে (ফর্মিং Forming) ইহা তাহার পক্ষে উপযোগী। আকার অনুযায়ী 'সোয়েজ' নানা রকমের হইয়া থাকে।

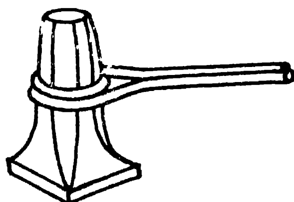


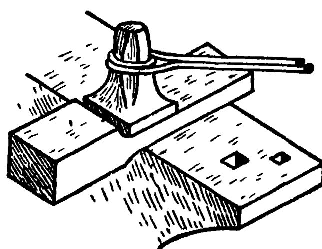
সোয়েজ ব্লক (Swage Block)—ইহা কাষ্ট আয়রণ দ্বারা তৈয়ারী হয়। ইহার উপরিভাগে এবং পার্শ্বে বিভিন্ন আকারের খাঁজ এবং ছিদ্র থাকে। ইহা ব্যবহার করিলে আর 'বটম সোয়েজ'-এর আবশ্যক হয় না।



সেট হ্যামার (Set Hammer)—ইহা শক্ত ষ্টীল দ্বারা তৈয়ারী। সাধারণ হ্যাণ্ড হ্যামারের মুখ অপেক্ষা প্রশস্ত কোন সমতল স্থানের উপর সমানভাবে আঘাত দেওয়ার জন্য অথবা কোন স্থানে থাক তৈয়ারী করিতে হইলে ইহা ব্যবহার করা হয়।

ফ্ল্যাটার (Flatter)—ইহা 'সেট হ্যামার' এর মতই। কিন্তু, ইহার মুখটি অনেক প্রশস্ত। 'সেট

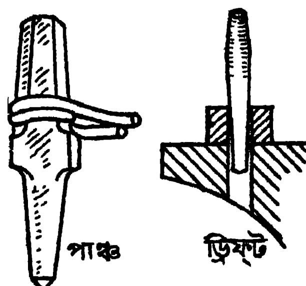




হ্যামার' দ্বারা যে যে কাজ করা হয় ইহা দ্বারাও ঐ সকল কাজ করা হইয়া থাকে। কিন্তু, ইহা বেশী প্রশস্ত স্থানের পক্ষে উপযোগী।

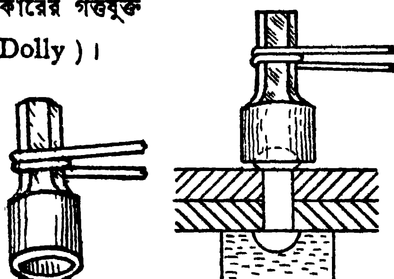
পাঞ্চ (Punch)—আঘাতের সাহায্যে উত্তপ্ত ধাতুখণ্ডের মধ্যে গোল, চতুষ্কোণ, ইত্যাদি বিভিন্ন আকারের ছিদ্র তৈয়ারী করিতে ইহা ব্যবহার

করা হইয়া থাকে। যে আকারের ছিদ্র প্রয়োজন পাঞ্চও ঐ অনুযায়ী বিভিন্ন আকারের হয়।



ড্রিফ্‌ট (Drift)—পাঞ্চ দ্বারা তৈয়ারী ছিদ্রের মধ্যে যে সকল দোষ থাকে উহাকে সংশোধন করিয়া ঠিকমত আকার ও মাপে আনিতে ইহা ব্যবহার করা হয়। পার্শ্বে ইহা দেখান হইয়াছে।

স্ন্যাপ (Snap)—রিভেটের মাথা তৈয়ার করিতে ইহা ব্যবহার করা হয় (নীচে বাম পার্শ্বের ছবি)। রিভেটের মাথার আকার অনুযায়ী ইহাও বিভিন্ন আকারের গর্ত্তযুক্ত থাকে। ইহার অপর নাম 'ডলি' (Dolly)।



গাউজ (Gouge)—ইহা প্রকৃতপক্ষে একটি গোলাকার মুখযুক্ত 'চিজেল'। ধাতুকে গোলভাবে খণ্ড করার জন্য ইহা ব্যবহার করা হয়।

বলষ্টার (Bolster) অথবা হেডিং টুল (Heading tool)—ইহা উপরে বর্ণিত 'স্ন্যাপ-এর মতই। ইহার সাহায্যে বিভিন্ন আকারের বোল্টের মাথা তৈয়ার করিতে সুবিধা হয়।

রুল (Rule)—ইহার উপরে ইঞ্চের মাপ চিহ্ন থাকে। কামারশালায় যে রুল ব্যবহার করা হয় উহা পিতল (Brass) দ্বারা তৈয়ারী থাকে। ষ্টীলের তৈয়ারী 'রুল' কামারশালার পক্ষে উপযোগী হয় না। কারণ, গরম অবস্থাতে ষ্টীলের তৈয়ারী রুলের উপর মরিচা পড়ার আশঙ্কা থাকে।

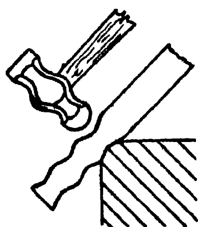
উপরের লিখিত যন্ত্রাদি ভিন্ন ক্যালিপার্স (Callipers), ট্রাই-স্কোয়ার (Try-square), ডিভাইডার (Divider), ইত্যাদি কয়েকটি যন্ত্রও কামারশালায় প্রায়ই ব্যবহৃত হইয়া থাকে। এই যন্ত্রগুলি সম্পর্কে প্রথম খণ্ডে বিস্তৃতভাবে আলোচনা করা হইয়াছে।

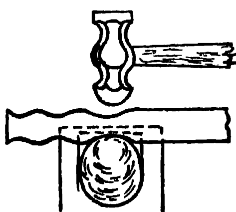
কার্য্য প্রণালী—

কামারশালায় সাধারণতঃ যে কয় রকম কাজ করা হয় সংক্ষেপে তাহা এই—

(১) ফোর্জিং (**Forging**)—অর্থাৎ, উত্তপ্ত লৌহখণ্ডের উপর হাতুড়ীর আঘাত দিয়া উহার আকার পরিবর্ত্তন করা। উত্তপ্ত হইলে ধাতু নরম হয় এবং তখন আঘাত দিলে উহা সহজেই অন্য আকার গ্রহণ করে। 'ফোর্জিং-এর জন্য ধাতুখণ্ডকে সর্ব্বদা উপযুক্ত তাপে এবং সমভাবে উত্তপ্ত করা উচিত। কম তাপে থাকার সময় আঘাত দিলে অথবা বার বার আঘাত দিলে ভিতর অপেক্ষা বাহিরের আবরণের উপর বেশী টান পড়ে। ফলে, ফাট ধরার অথবা কেন্দ্রে গর্ত্ত হওয়ার আশঙ্কা থাকে। ইহা হওয়া খুবই ক্ষতিকর। কারবন ষ্টীল এবং হাই-স্পীড ষ্টীলকে 'ফোর্জিং করিতে হইলে বিশেষ যত্ন লইয়া উহা করার প্রয়োজন হয়। এনভিলের সমতল উপরিভাগের উপর লৌহখণ্ডকে রাখিয়া ফোর্জিং করিতে হয়।

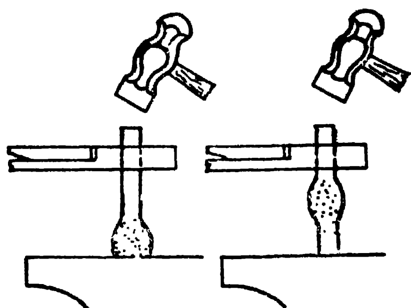
(২) ড্রয়িং আউট (**Drawing Out**)—অর্থাৎ, উত্তপ্ত লৌহখণ্ডকে আঘাত দিয়া পাতলা কিংবা সরু করা এবং সঙ্গে সঙ্গে লম্বাদিকে বাড়ান। কোন চতুষ্কোণ খণ্ডকে সরু করিয়া লম্বাদিকে বাড়াইবার প্রয়োজন হইলে, উহাকে এনভিলের ধার [যেমন ছবিতে (ক)] অথবা 'বীক'-এর উপর [যেমন ছবিতে (খ)] রাখিয়া এবং এক সমকোণে (90°-তে)

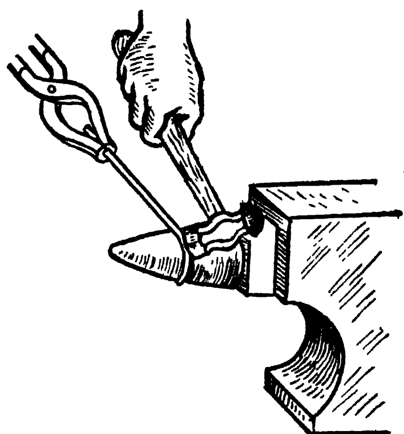

(ক)


(খ)

ঘুরাইয়া ঘুরাইয়া আঘাত দিতে হয়। খণ্ড মোটা হইলে এই বিষয়ে 'ফুলার' যন্ত্রের সাহায্য লইলে সুবিধা হয়। কিন্তু, কোন গোলখণ্ডকে সরু করিতে হইলে উহাকে প্রথমে চতুষ্কোণ, পরে আট কোণ এবং শেষে কোণগুলিকে নষ্ট করিয়া লইয়া 'সোয়েজ'-এর সাহায্যে গোল করিতে হয়।

(৩) **আপ-সেটিং (Up-setting) অথবা জাম্পিং আপ (Jumping up)**—অর্থাৎ, বাহির হইতে কোন ধাতু যোগ না করিয়া কোন অংশকে মোটা এবং সঙ্গে সঙ্গে খণ্ডটিকে লম্বায় ছোট করা। নীতির দিক হইতে ইহাকে পূর্ব্বোক্ত 'ড্রয়িং আউট' প্রথার ঠিক বিপরীত বলা যায়। কোন খণ্ডের মধ্য অংশকে মোটা করিতে হইলে, প্রথমে মাত্র ঐ মধ্য অংশকে উত্তপ্ত করিতে হয়। পরে, দুইটি প্রান্তকে জলে ডুবাইয়া ঠাণ্ডা করিয়া লইয়া উহার একটি প্রান্তকে এনভিলের উপর রাখার পর অপর প্রান্তের উপর হাতুড়ীর আঘাত দিতে হয়। আর, যদি খণ্ডটির কোন প্রান্তকে মোটা করার প্রয়োজন হয়, তাহা হইলে উহাকে উত্তপ্ত করিবার পর অপর প্রান্তকে ঠাণ্ডা করিয়া লইয়া উহার উপর আঘাত দিতে হয়।





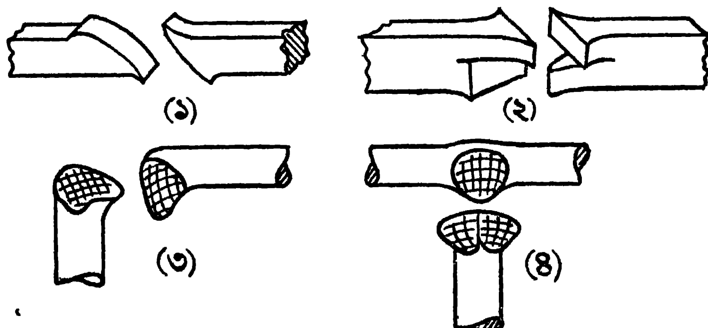
(৪) **বেণ্ডিং (Bending)**—অর্থাৎ, বাঁকান। গোল করিয়া বাঁকাইতে হইলে খণ্ডটিকে এনভিলের 'বীক' অংশের উপর রাখিয়া ইহা করা হয়। $\frac{1}{4}$ ইঞ্চ ডায়মেটার হইতে সরু মাইল্ড ষ্টীলের খণ্ডকে ঠাণ্ডা অবস্থাতেই বাঁকান চলে। কিন্তু, ইহা অপেক্ষা মোটা খণ্ডকে বাঁকাইতে হইলে উহাকে পূর্ব্বে উত্তপ্ত করিয়া লওয়ার প্রয়োজন হয়। যদি মোটা কোন খণ্ডকে কোণ (angle) করিয়া বাঁকাইবার প্রয়োজন হয় এবং এই কোণ যদি 90°

অপেক্ষা কম হয় তাহা হইলে যে অংশে বাঁকাইতে হইবে উহাকে প্রথমে 'আপ-সেটিং' প্রথায় একটু মোটা করিয়া লওয়া উচিত। ইহা না করিলে বাঁকাইবার সময় ভিতর অপেক্ষা বাহিরের উপরিভাগে বেশী টান পড়ে। ফলে, ফাট ধরার আশঙ্কা থাকে।

(৫) পাঞ্চিং (**Punching**) এবং ড্রিফ্‌টিং (**Drifting**)—অর্থাৎ, 'পাঞ্চ' এবং 'ড্রিফ্‌ট' যন্ত্রের সাহায্যে উত্তপ্ত লৌহখণ্ডের মধ্যে হাতুড়ীর আঘাত দিয়া ছিদ্র কবা। এই ছিদ্র চতুষ্কোণ, গোল, ছয় কোণ ইত্যাদি বিভিন্ন আকারের হইতে পারে। প্রথমে 'পাঞ্চ' (ইহা করণীয় ছিদ্র মাপ অপেক্ষা একটু ছোট মাপের) দ্বারা ছিদ্র করিয়া লইয়া পরে উহাব মধ্যে ড্রিফ্‌টকে (ইহা করণীয় ছিদ্র মাপের সমান মাপের) প্রবেশ করাইয়া ছিদ্রকে সঠিক মাপ এবং আকারে আনা হয়।

(৬) ফোর্জ ওয়েল্ডিং (**Forge Welding**)—অর্থাৎ, দুইটি লৌহখণ্ডকে উত্তপ্ত করিয়া প্রায় অর্দ্ধ গলিত অবস্থায় আনার পর হাতুড়ীর আঘাত দিয়া উহাদিগকে জোড়া দেওয়া। 'ফোর্জ ওয়েল্ডিং'-এ খণ্ড দুইটির মুখকে ক্ষেত্র অনুযায়ী প্রথমে বিভিন্ন আকারে পরিণত করিয়া লওয়ার প্রয়োজন হইয়া থাকে। এই আকার অনুযায়ী ইহাদের নাম বিভিন্ন রকম হয়। যাহা সাধারণতঃ ব্যবহৃত হয় তাহা এই—

(ক) স্কার্ফ ওয়েল্ডিং (Scarf Welding)

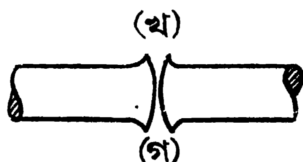


(১) ষ্ট্রেইট্ স্কার্ফ (Straight Scarf), (২) স্প্লিট স্কার্ফ (Split

Scarf), (৩) এঙ্গেল স্কার্ফ (Angle Scarf), (৪) টী স্কার্ফ (Tee Scarf)।



(খ) ক্লেফ্‌ট ওয়েল্ডিং (Cleft Welding)



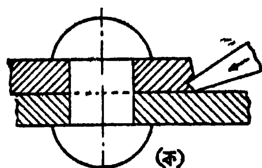
(খ)

(গ) বাট ওয়েল্ডিং (Butt Welding)

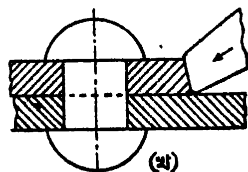
(গ)

(৭) হার্ডেনিং এবং টেম্পারিং (**Hardening ane Tempering**)—অর্থাৎ, ধাতুখণ্ডকে শক্ত করা এবং উহার ভঙ্গুরতা দোষকে দূর করা। প্রথম খণ্ডে এই বিষয় বিস্তৃতভাবে আলোচনা করা হইয়াছে।

(৮) **রিভেটিং (Riveting)**—দুইটি প্লেট বা ধাতুখণ্ডকে রিভেটের (প্রথম খণ্ড ১১১ নং পৃষ্ঠা) সাহায্যে স্থায়ীভাবে যুক্ত করাকে 'রিভেটিং' বলে। নিকটবর্ত্তী কোন 'ফারনেসে'-এ (Furnace) রিভেটকে প্রথমে লালবর্ণের তাপে (red hot) উত্তপ্ত করিয়া প্লেটের ছিদ্রমধ্যে উহাকে প্রবেশ করাইতে হয়। পরে, রিভেটের মাথার উপর 'স্ন্যাপ' (Snap) বা 'ডলি' (Dolly) যন্ত্র রাখিয়া 'রিভেটিং হ্যামার' (Riveting Hammer) দ্বারা ঐস্থানে বার বার আঘাত দিতে হয়।



(ক)



(খ)

বয়লার (Boiler), ট্যাঙ্ক (Tank), ইত্যাদিকে রিভেটের সাহায্যে তৈয়ার করার পর উহাদের মধ্য হইতে যাহাতে জলীয় পদার্থ বাহির হইয়া আসিতে (leak) না পারে অথবা ক্ষেত্রবিশেষ বাহির হইতে উহা ভিতরে প্রবেশ করিতে না পারে (water tight) এই উদ্দেশ্যে 'রিভেটিং' করার পর 'ককিং' (Caulking) এবং 'ফুলারিং' (Fullering) করা নিয়ম [যেমন, পার্শ্বে ছবিতে (ক) ও (খ)]। 'ককিং' বলিতে প্লেটের প্রান্তে 'ককিং' যন্ত্রের (Caulking tool) উপর হাতুড়ীর আঘাত দেওয়াকে

বুঝায়। প্লেটের প্রান্তে এই আঘাত দেওয়ার সহায়তার জন্য সাধারণতঃ ইহা 75° হইতে 80°-তে ঢালু করা থাকে।

'ককিং' অপেক্ষা 'ফুলারিং' প্রণালীতেই উপরোক্ত রকমের জল রোধ ভালভাবে সম্ভব হয়। এই কারণে, বর্ত্তমানে 'ফুলারিং'-এর ব্যবহারই অপেক্ষাকৃত বেশী। 'ফুলারিং' যন্ত্রের (Fullering tool) মুখ প্লেটের পুরু মাপের সমান হয় এবং ইহাকে এমনভাবে ব্যবহার করিতে হয় যাহাতে প্লেটের কোণে সর্ব্বাপেক্ষা বেশী পরিমাণ আঘাত পড়ে।

সলডারিং (Soldering)

বাংলাভাষায় চলিতভাবে ইহাকে "ঝালাই করা" বলে। দুইটি ধাতুখণ্ডকে স্থায়ীভাবে জোড়া দেওয়ার যে সকল প্রণালী কারখানায় চলিত আছে, 'সলডারিং' তাহাদের মধ্যে একটি। এই প্রণালীতে যে জোড়া দেওয়া হয় উহার শক্তি খুব কম হয় বলিয়া কোন ভারী বা মোটা জিনিষকে জোড়া দেওয়ার কাজে ইহা কখনও উপযোগী হয় না। ধাতুর পাতলা চাদর বা পাত (শীট sheet)-কে জোড়া দেওয়ার জন্যই সাধারণতঃ ইহার ব্যবহার।

নীতি - যে অংশ দুইটিকে জোড়া দিতে হইবে উহাদিগকে প্রথমে উত্তপ্ত করিয়া পরে ঐ অংশ দুইটির জোড়স্থানে 'সলডার' (Solder) নামে একটি মূল বা মিশ্র ধাতুকে গলাইয়া লাগানই 'সলডারিং'-এর নীতি। এই গলিত ধাতু ঠাণ্ডা হইলেই অংশ দুইটিকে দৃঢ়ভাবে যুক্ত করিয়া ফেলে।

সলডারিং প্রণালীকে একটি আঠাল বস্তুর সাহায্যে মাত্র উপরিভাগকে জোড়া দেওয়া মনে করা ভুল। ইহা প্রকৃতপক্ষে উপরিভাগের নীচের স্তর পর্য্যন্ত পরস্পরকে ঘনিষ্টভাবে যুক্ত করে।

সলডারিং প্রণালী প্রধানতঃ দুই রকমের হয়—

(১) সফ্‌ট সলডারিং (Soft Soldering)—অর্থাৎ, নরম বা কাঁচা ঝালাই।

(২) হার্ড সলডারিং (Hard Soldering)—অর্থাৎ, শক্ত বা পাকা ঝালাই। ইহাকে 'ব্রেজিং' (Brazing)-ও বলে।

কেবলমাত্র 'সলডারিং' বলিলে সাধারণতঃ 'সফ্‌ট সলডারিং'কেই বুঝায়। 'সফ্‌ট সলডারিং' অপেক্ষা 'হার্ড সলডারিং'-এর জোড়া বা সংযোগ অনেক মজবুত, শক্তিসম্পন্ন এবং স্থায়ী হয়।

'সফ্‌ট সলডারিং' এবং 'হার্ড সলডারিং'-এর মধ্যবর্ত্তী আর এক রকম সলডারিং প্রণালীরও চলন আছে। উহার নাম 'সিলভার সলডারিং' (Silver Soldering)

সলডার (Solder)—যে মূল বা মিশ্রধাতুকে গলাইয়া জোড়স্থানে লাগান হয় উহাকে 'সলডার' (Solder) বলে। যে ধাতুর পাত দুইটিকে জোড়া দিতে হইবে উহা যে তাপে গলে সলডার সর্ব্বদা উহা অপেক্ষা কম তাপে গলা প্রয়োজন। উপরন্তু, গলিত অবস্থায় ইহা সহজে প্রবাহিত হওয়া উচিত। এই দুইটি বিষয় এবং জোড়স্থানটিকে কি রকম মজবুত করিতে হইবে তাহার প্রতি লক্ষ্য রাখিয়া বিভিন্ন ধাতু দ্বারা এবং বিভিন্ন অনুপাতে মিশাইয়া ইহা নানা রকমের তৈয়ারী করা হইয়া থাকে। সলডারের রকম অনুযায়ী উহার গলন-তাপও বিভিন্ন হয়। 'সফ্‌ট সলডারিং' প্রথায় যে রকমের সলডার ব্যবহার করা হয় উহাকে 'সফ্‌ট সলডার' বলে। ইহা লেড (সীসা) এবং টিন (রাঙ্‌) ধাতুকে মিশাইয়া তৈয়ারী করা হয়। বাংলায় চলিতভাবে ইহাকে 'রাঙ্‌ ঝাল' বলে। যে রকমের 'সফ্‌ট সলডার' সাধারণতঃ ব্যবহৃত হয় তাহার একটি তালিকা নীচে দেওয়া হইল—

	লেড	টিন	সলডারের গলন তাপমাত্রা (ফারেনহাইটে)
প্লাম্বারের কাজ—	তিনভাগ	একভাগ	480°
টিনের কাজ—	দুইভাগ	তিনভাগ	335°
সাধারণ কাজ—	একভাগ	একভাগ	320°

'হার্ড সলডারিং' কিংবা 'ব্রেজিং'-এর কাজে যে মিশ্রধাতু ব্যবহার করা হয় উহাকে 'হার্ড সলডার' অথবা 'স্পেল্টার' (Speltre) বলে। সাধারণতঃ ইহা কপার (তাম্র) এবং জিঙ্ক (দস্তা)-কে বিভিন্ন অনুপাতে মিশাইয়া তৈয়ার করা হয়। 'হার্ড সলডার', 'সফ্ট সলডার' অপেক্ষা অনেক বেশী তাপে গলে। সংযোগও অনেক বেশী মজবুত হয়। যে ধাতুকে জোড়া দিতে হইবে উহার রকম অনুসারে 'স্পেল্টার' অনেক রকম হইয়া থাকে। যেমন—

যে ধাতুকে জোড়া দেওয়া হইবে	কপার (শতকরা ভাগ)	জিঙ্ক (শতকরা ভাগ)	স্পেল্টারের গলন তাপমাত্রা (ফারেনহাইটে)
ব্রাস (পিতল)—	50	50	1600°
কপার (তাম্র)—	60	40	1630°
ষ্টীল—	65	35	1675°

'সিলভার সলডারিং'-এর কাজে যে সলডার ব্যবহার করা হয় উহাকে 'সিলভার সলডার' বলে। ইহার মধ্যে সিলভার (রৌপ্য), কপার (তাম্র) এবং জিঙ্ক (দস্তা) থাকে। ইহার গলন তাপমাত্রা 'ব্রেজিং'-এ ব্যবহৃত স্পেল্টারের গলন তাপমাত্রা হইতে কম। সাধারণ কাজের জন্য যে 'সিলভার সলডার' ব্যবহার করা হয় তাহা এই রকম—

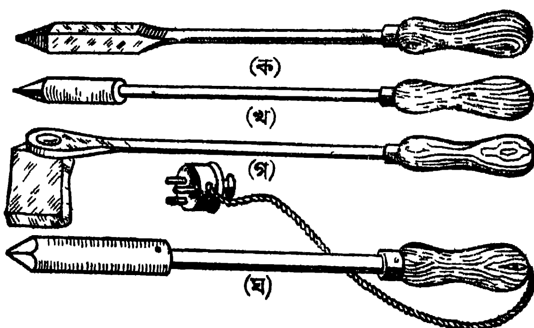
সিলভার	কপার	জিঙ্ক	সিলভার সলডারের গলন তাপমাত্রা (ফারেনহাইট)
ছয়ভাগ	তিনভাগ	একভাগ	1275° হইতে 1300°
চারিভাগ	তিনভাগ	দুইভাগ	1300° হইতে 1400°

ফ্লাক্স (Flux)—বায়ুর সংস্পর্শে আসিবামাত্র প্রত্যেক ধাতুই অক্সিজেনের সহিত যুক্ত হয়, অর্থাৎ 'অক্সিডাইজ্ড' (Oxidised) হয়। ঠাণ্ডা অবস্থায় ইহা যে'হারে হয়, উত্তপ্ত অবস্থায় কিংবা উপরিভাগ পালিশ করা থাকিলে ইহা

অপেক্ষাকৃত অনেক শীঘ্র হয়। 'অক্সিডাইজ্‌ড' হইলে ধাতুর উপর একটা সূক্ষ্ম আবরণ পড়ে। এই আবরণ সলডারকে ধাতুর সহিত ঘনিষ্টভাবে মিশিতে বাধা দেয়। উত্তপ্ত অবস্থায় সলডার নিজেও বায়ুর সংস্পর্শে আসিয়া 'অক্সিডাইজ্‌ড' হইয়া যায়। এই অসুবিধা দূর করার জন্য সলডারিং করার সময় 'ফ্লাক্স' (Flux) নামের বিভিন্ন রাসায়নিক দ্রব্য ব্যবহার করা হইয়া থাকে। এই 'ফ্লাক্স' সলডার অপেক্ষা কম তাপে গলে। রেজিন (Resin), বোরাক্স (Borax) বা সোহাগা, স্যাল এমোনিয়াক (Sal Ammoniac) বা নিশাদল, হাই-ড্রোক্লোরিক এসিড (Hydrochloric Acid), জিঙ্ক ক্লোরাইড (Zinc Chloride) সলিউশন, ইত্যাদি ফ্লাক্সের বিভিন্ন নাম। ইহাদের মধ্যে 'সফ্‌ট সলডারিং' কাজে 'জিঙ্ক ক্লোরাইড' সলিউশনই সাধারণতঃ ব্যবহৃত হয়। হাইড্রোক্লোরিক এসিড মধ্যে জিঙ্কের খণ্ড যোগ করিলে জিঙ্ক গলিয়া যায় এবং জিঙ্ক ক্লোরাইড সলিউশন তৈয়ারী হয়। যতক্ষণ পর্য্যন্ত বুদ্‌বুদ (bubbles) উঠিতে থাকে ততক্ষণ জিঙ্কের খণ্ড যোগ করিয়া যাইতে হয়।

ইলেক্‌ট্রিক সংক্রান্ত কাজে এসিড ফ্লাক্স ব্যবহার করা ক্ষতিকর। সাধারণতঃ রেজিন (Rasin)-ই এইক্ষেত্রে ব্যবহৃত হইয়া থাকে।

সলডারিং আয়রণ (Soldering Iron)—যদিও নামের সহিত 'আয়রণ' কথাটি যুক্ত আছে তথাপি জানা উচিত যে, ইহার মুখের অংশ লৌহ দ্বারা তৈয়ারী থাকে না। তাম্রের মধ্য দিয়া তাপশক্তি সহজে প্রবাহিত হয় বলিয়া ইহা তাম্রের দ্বারা তৈয়ারী হইয়া থাকে। এই কারণে, 'সলডারিং আয়রণ'-এর অপর নাম 'কপার বিট' (Copper Bit)। বাংলা ভাষায়



চলতিভাবে ইহাকে 'তাতাল' বলে। ছবিতে বিভিন্ন আকারের 'বিট্'-যুক্ত 'সলডারিং আয়রণ'-এর নমুনা দেখান হইয়াছে।

'সলডারিং আয়রণ'-কে উত্তপ্ত করিয়া সলডারের সহিত স্পর্শ করাইলে সলডার গলিয়া গিয়া ইহার উপরি ভাগে লাগে। এই অবস্থায় 'সলডারিং' আয়রণ-কে জোড়স্থানে ঘর্ষণ করিলে ঐ গলিত সলডার জোডস্থানে লাগিয়া যায়। মনে রাখা প্রয়োজন যে, 'সলডারিং আয়রণ' শুধু সলডারকেই গলায় না, ইহা জোড়স্থানের অংশ দুইটিকে গরম থাকিতেও সহায়তা করে।

'সলডারিং আয়রণ'-কে অনেক রকমে উত্তপ্ত করা হইয়া থাকে। যাহাকে বিদ্যুৎশক্তির (electricity) সাহায্যে উত্তপ্ত করা হয় উহাকে 'ইলেক্ট্রিক সলডারিং আয়রণ' [পূর্ব্ব পৃষ্ঠায় (ঘ) চিহ্নিত] বলে। ইহাতে একমাত্র বিদ্যুৎশক্তি ভিন্ন বাহিরের কোন সরঞ্জাম বা জিনিষের প্রয়োজন হয় না। 'সলডারিং আয়রণ'-এর মধ্যেই তাপ সৃষ্টি কবার ব্যবস্থা বর্ত্তমান। 'ইলেক্ট্রিক সলডারিং আয়রণ' ব্যবহার করাব সুবিধা এই যে ইহাতে তাপ খুব শীঘ্র উৎপন্ন হয়, কোন ধোঁয়া হয় না এবং 'সলডারিং আয়রণ'-এর মুখ সর্ব্বদা পরিষ্কার থাকে। এই কারণে, যেখানে বিদ্যুৎশক্তি সরবরাহ থাকে সেখানে 'ইলেক্ট্রিক সলডাবিং আয়রণ'ই ব্যবহার করা হয়। যেখানে বিদ্যুৎশক্তির অভাব এবং দাহ্য গ্যাস (Gas) পাওয়া যায় সেখানে 'গ্যাস-ষ্টোভ' (Gas-Stove) ব্যবহৃত হয়। ইহারও যেখানে অভাব থাকে, সেখানে খণ্ড দুইটিকে কাঠকয়লা দ্বারা উত্তপ্ত করা হইয়া থাকে। কিন্তু, অসুবিধা এই যে ইহাতে খুব ময়লার উদ্ভব হয়।

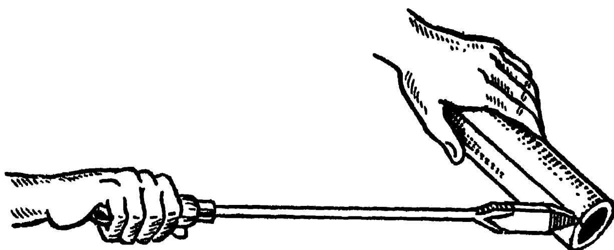
'সফ্ট সলডারিং'-এর প্রণালী—যে পাত দুইটিকে জোড়া দিতে হইবে সলডার যদি উহাদের সহিত ঘনিষ্টভাবে যুক্ত হইতে না পারে তাহা হইলে 'সলডারিং' করার উদ্দেশ্যই ব্যর্থ হইয়া যায়। এইজন্য, পাত দুইটির যে অংশকে জোড়া দিতে হইবে উহার উপরিভাগে কোন মরিচা (rust), তৈল, গ্রীজ (Grease) ইত্যাদি থাকিতে দেওয়া উচিত নয়। প্রথমেই উহাদিগকে উত্তমরূপে পরিষ্কার করিয়া লওয়া একান্ত প্রয়োজন। এই পরিষ্কার করার জন্য ফাইল্ (File), স্ক্রেপার (Scraper) ইত্যাদি যন্ত্র কিংবা এমারি ক্লথ (Emery Cloth) ব্যবহার করা ভাল। যেখানে এইভাবে পরিষ্কার করা

অসুবিধা সেখানে খণ্ডটিকে প্রথমে তরলীকৃত সালফিউরিক এসিড (Dilute Sulphuric Acid) মধ্যে ডুবাইয়া পরে উহাকে পরিষ্কার জল দ্বারা ভালভাবে ধুইয়া লওয়া উচিত।

পরিষ্কার করা অংশ দুইটিকে এবং 'সলডারিং আয়রণ'কে পরে উত্তপ্ত করিতে হয়। উত্তপ্ত অবস্থায় 'সলডারিং আয়রণ'-এর তাপ এমন হওয়া উচিত যাহাতে উহা সলডারকে স্পর্শ করা মাত্র সলডার গলিয়া যায়। 'সলডারিং আয়রণ' কম উত্তপ্ত হইলে সলডার জোড়স্থানে প্রবাহিত হইতে পারে না। জমিয়া গিয়া ডেলার মত স্থানে স্থানে লাগিয়া থাকে। আবার ইহা যদি বেশী উত্তপ্ত হয় তাহা হইলে জোড়স্থানে ছোট ছোট গর্ত্ত হইয়া যায়। 'সলডারিং আয়রণ'কে ঠিকমত উত্তপ্ত করার পর উহার মুখটিকে 'টিনিং' (Tinning) করিয়া লওয়া প্রয়োজন। এই 'টিনিং' করা বলিতে উপরিভাগে টিন ধাতুর খুব পাতলা এক প্রলেপ দেওয়া বুঝায়। 'সলডারিং আয়রণ'-এর মুখে যে তাম্রখণ্ড থাকে উহা উত্তপ্ত অবস্থায় বায়ুর সংস্পর্শে সহজেই অক্সিডাইজ্‌ড (Oxidised) হইয়া যায়। অক্সিডাইজ্‌ড হইলে তাপশক্তি প্রবাহিত হইতে বাধা পায়। টিন (Tin) ধাতু সহজে 'অক্সিডাইজ্‌ড' হয় না বলিয়া ইহার প্রলেপ ঐ তাম্রখণ্ডের উপরিভাগে দেওয়া হইয়া থাকে। 'টিনিং' করিতে হইলে 'সলডারিং আয়রণ'-এর মুখটিকে প্রথমে ফাইল দ্বারা ঘষিয়া একটু উজ্জ্বল করিতে হয়। পরে, উহাকে ফ্লাক্সের মধ্যে ডুবাইয়া তৎক্ষণাৎ টিন ধাতুর সহিত স্পর্শ করাইতে হয়। যতবার 'সলডারিং আয়রণ'-কে উত্তপ্ত করা হইবে ততবারই যে, এইভাবে উহাকে 'টিনিং' করিতে হইবে এমন কোন বাধ্যতা নাই। মুখে 'টিন'-এর প্রলেপ আছে কিনা লক্ষ্য করিয়া মধ্যে মধ্যে 'টিনিং' করিলেই চলে।

'সলডারিং আয়রণ'-কে 'টিনিং' করা হইলে জোড়স্থানে ফ্লাক্স প্রয়োগ করিয়া উহার মুখটিকে আবার ফ্লাক্সের মধ্যে ক্ষণেকের জন্য ডুবাইয়া (কিছু নিশাদল চূর্ণ দিলে আরও ভাল ফল পাওয়া যায়) সঙ্গে সঙ্গে উহাকে সলডারের সহিত স্পর্শ করাইতে হয়। ইহাতে সলডার 'সলডারিং আয়রণ'-এর মুখে লাগিয়া যায় এবং লাগিয়া যাওয়ামাত্র উহাকে জোড়স্থানে ঘষিতে হয়।

সলডারিং করার সময় 'সলডারিং আয়রণ'-কে ঠিকভাবে ধরা প্রয়োজন। নীচের ছবিতে একটি পাইপের মুখকে জোড়া দেওয়ার বিষয় দেখান হইয়াছে।



প্রশস্ত উপরিভাগকে যখন সলডারিং করিয়া জোড়া দেওয়ার প্রয়োজন হয় তখন প্রত্যেকটি অংশের উপরিভাগকে প্রথমে 'টিনিং' করিয়া লইয়া ফ্লাক্স যোগ করিতে হয়। পরে, অংশ দুইটিকে ক্ল্যাম্পের (clamp) সাহায্যে আবদ্ধ করিয়া লইয়া জোড়স্থানে তাপ দিতে হয়। ছোট অংশকে সলডারিং করিতে 'সলডারিং আয়রণ'-এর তাপই অনেকক্ষেত্রে যথেষ্ট হয়।

এলুমিনিয়ামকে 'সফ্ট সলডারিং' প্রথায় ভালভাবে জোড়া দেওয়া যায় না। 'ব্রেজিং' প্রথায়ই সাধারণতঃ ইহা জোড়া দেওয়া হইয়া থাকে।

সোয়েটিং (Sweating)—'কপার বিট্' বা 'সলডারিং আয়রণ' ব্যবহার না করিয়া সলডারিং করার যে প্রণালী উহাকে 'সোয়েটিং' বলে। ইহাতে, যে অংশ দুইটিকে জোড়া দিতে হইবে উহাদের উপরিভাগকে প্রথমে পরিষ্কার করিয়া লইয়া সলডার দ্বারা 'টিনিং' (Tinning) করা হয়। পরে, অংশ দুইটিকে একত্র করিয়া গরম করা হয়। এই গরম করার সময় সলডার গলিয়া যায় এবং ঠাণ্ডা হওয়ার সময় অংশ দুইটিকে যখন চাপ দেওয়া হয় তখন উহা জোড়া লাগিয়া যায়।

ব্রেজিং (বা হার্ড সলডারিং)-এর প্রণালী—'সফ্ট সলডারিং'-এর বেলায় 'সলডারিং আয়রণ' বা 'কপার বিট' যে তাপ বহন করে 'ব্রেজিং'-এর পক্ষে উহা যথেষ্ট হয় না। 'ব্রেজিং' করিতে উহা অপেক্ষা অনেক বেশী

তাপের প্রয়োজন হয়। কারণ, 'সফ্ট সলডার' যে তাপমাত্রায় গলে 'স্পেলটার'কে গলাইতে উহা অপেক্ষা বেশী তাপমাত্রার প্রয়োজন হয়। এইজন্য 'ব্রেজিং'-এর বেলায় 'সলডারিং আয়রণ' দ্বারা পরোক্ষভাবে তাপ প্রয়োগ না করিয়া 'ব্লো-পাইপ' (Blow Pipe) ইত্যাদি দ্বারা প্রত্যক্ষভাবে তাপ দেওয়া হইয়া থাকে। তাপ দেওয়ার প্রণালী সাধারণতঃ নির্ভর করে যে অংশে 'ব্রেজিং' করিতে হইবে উহা কি রকম গঠনের এবং কত বড় তাহার উপর। জিনিষটি খুব ছোট হইলে 'বুনসেন বার্নার' (Bunsen Burner)—এর মুখে গ্যাসকে জ্বালাইয়া চোঙ্গের সাহায্যে ফুঁ দিয়া অগ্নিশিখাকে জোড় স্থানে প্রয়োগ করিলে উহা উত্তপ্ত হয়। স্বর্ণকারের কাজে প্রায়ই এই ভাবে তাপ দেওয়া হইয়া থাকে। আর, জিনিষটি যদি খুব ছোট হাল্কা হয় তাহা হইলে তাপ দেওয়ার জন্য 'ওয়েল্ডিং' প্রণালীর মত ব্লো-পাইপ ব্যবহার করিতে হয়। ইহাতে প্রায়ই অক্সিজেনের পরিবর্ত্তে পায়ে চালিত হাপড়ের (Blower) সাহায্যে বায়ু সরবরাহ করা হয়।

'ব্রেজিং'-এর বেলায় বেশী তাপ ব্যবহার করা হয় বলিয়া যে অংশ দুইটিকে জোড়া দেওয়া হয় তাপ দেওয়ার সময় উহা প্রায়ই বিকৃত বা পৃথক (ফাঁক) হইয়া যাওয়ার আশঙ্কা থাকে। এইজন্য, তাপ দেওয়ার পূর্ব্বে অংশ দুইটিকে সরু তার দিয়া বাঁধিয়া লওয়া উচিত। পাতলা পাত কিংবা চাদরকে জোড়া দেওয়ার বেলায়, যদি জোড়া দেওয়ার পর আর আকার পরিবর্ত্তন করার প্রয়োজন না থাকে, তাহা হইলে প্রান্ত দুইটিকে মুখে মুখে (Butt) লাগাইয়া 'ব্রেজিং' করিলেই চলে। আর, যদি 'ব্রেজিং' এর পর আকার পরিবর্ত্তন করার প্রয়োজন থাকে, তাহা হইলে একটি প্রান্তকে অপর প্রান্তের উপর রাখিয়া (ওভার ল্যাপ Overlap) 'ব্রেজিং' করিতে হয়। অংশ দুইটির একটি প্রান্তকে অপর প্রান্তের উপর রাখার ফলে পুরু মাপ দ্বিগুণ হওয়ার কথা। ইহা যাহাতে না হইতে পারে এইজন্য দুইটি প্রান্তকেই প্রথমে ফাইল দ্বারা ঘষিয়া পাতলা এবং কলম কাটার মত ঢালু করিয়া লওয়া হইয়া থাকে। পরে, ঐ স্থানে 'ডাভটেইল' (Dovetail) জয়েণ্টের মত খাঁজ করিতে হয়।

'সফট্ সলডারিং'-এর মত 'ব্রেজিং'-এর বেলাতেও, যে অংশ দুইটিকে জোড়া দিতে হইবে, জোড়া দেওয়ার পূর্ব্বে উহাদিগকে সম্পূর্ণ পরিষ্কার এবং মরিচা. তৈল, গ্রীজ ইত্যাদি হইতে মুক্ত করিয়া লওয়া প্রয়োজন। এই ক্ষেত্রে প্রধানতঃ বোরাক্স (Borax) অর্থাৎ সোহাগা চূর্ণকেই ফ্লাক্স রূপে ব্যবহার করা হইয়া থাকে। এই সোহাগাচূর্ণকে জলের সহিত মিশাইয়া লেই-এর (Paste) মত করিয়া জোড়স্থানে তুলীর সাহায্যে প্রয়োগ করা হয়।

যে অংশ দুইটিকে জোড়া দিতে হইবে উহাদিগকে রক্তবর্ণের তাপে উত্তপ্ত করিয়া 'হার্ড সলডার' অর্থাৎ, স্পেলটার'কে জোড়স্থানে দিলেই উহা গলিয়া প্রবাহিত হইয়া থাকে। এই সময় আবার কিছু তাপ প্রয়োগ করিলে প্রবাহের পক্ষে সহায়তা হয়।

'ব্রেজিং' শেষ হইবার পর অংশ দুইটিকে ধীরে ধীরে ঠাণ্ডা করান উচিত। যদি অ-সমভাবে ঠাণ্ডা হয় তাহা হইলে জোড়স্থানটি বিকৃত হওয়ার আশঙ্কা থাকে। জোড়স্থানে যাহাতে কোন 'ফ্লাক্স' লাগিয়া না থাকে তাহার জন্য 'ব্রেজিং'-এর পর অংশ দুইটিকে সর্ব্বদা উত্তমরূপে ধুইয়া ফেলা উচিত। শতকরা পাঁচভাগ কষ্টিক সোডা (Caustic Soda) যুক্ত সলিউশন মধ্যে ডুবাইলে ফ্লাক্সগুলি সহজে দূর হয়।

এলুমিনিয়ামকে ব্রেজিং করা যায়। ইহার ফ্লাক্স হ্যালাইড এবং জিঙ্ক ক্লোরাইড হইতে তৈয়ারী করা হয়। এলুমিনিয়ামের মিশ্র ধাতুর সহিত এই ফ্লাক্স মিশাইয়া ইহার সলডার তৈয়ারী হয়।

টাংষ্টেন কারবাইডের খণ্ড জোড়া দেওয়া—কারখানায় প্রায়ই মাইল্ড ষ্টীলের খণ্ডের মুখে খাঁজ করিয়া ঐস্থানে টাংষ্টেন কারবাইডের ছোট খণ্ড (টিপ tip)-কে 'ব্রেজিং' করিয়া জোড়া দিয়া নানারকম কাটিবার যন্ত্র (Cutting tool) তৈয়ার করা হইয়া থাকে। এই 'ব্রেজিং' করার জন্য প্রথমে খাঁজের উপরিভাগে রৌপ্য কিংবা তাম্রের পাতলা খণ্ড এবং কিছু সোহাগা চূর্ণ দেওয়া হয়। পরে, ইহার উপর টাংষ্টেন কারবাইডের খণ্ডটিকে বসাইয়া লইয়া সকল সমেত চুল্লীর মধ্যে রাখিয়া অতি সাবধানে উত্তপ্ত করা হয়। রৌপ্য কিংবা তাম্র যখন গলিতে থাকে তখন ঐ খণ্ডটিকে

একটু নাড়িয়া দেওয়া উচিত। ইহাতে সংযোগ দৃঢ় হওয়ার পক্ষে সহায়তা হয়। অবশেষে চুল্লী হইতে উহাকে বাহির করিয়া আনিয়া এবং মুখের খণ্ডটিকে যথাস্থানে একটু চাপিয়া দিয়া কাঠ কয়লা চূর্ণ ইত্যাদির মধ্যে প্রবেশ করাইয়া ধীরে ধীরে ঠাণ্ডা করা হয়।

ওয়েল্‌ডিং (Welding)

একই ধাতু দ্বারা তৈয়ারী দুইটি খণ্ডকে অথবা একই খণ্ডের দুইটি মুখকে উত্তাপের সাহায্যে পূর্ণ কিংবা অর্দ্ধ গলিত অবস্থায় আনিয়া স্থায়ীভাবে জোড়া দেওয়ার প্রণালীতে 'ওয়েল্ডিং' করা বলে। মূলতঃ ওয়েল্ডিং দুইটি প্রণালীতে করা হয়—

(১) ধাতুকে অর্দ্ধগলিত অবস্থায় আনার পর চাপ দিয়া। ইহাকে 'প্রেশার ওয়েল্ডিং' (Pressure Welding) বলে।

(২) ধাতুকে পূর্ণ গলিত অবস্থায় আনার পর কোন রকম চাপ বা আঘাত না দিয়া। ইহাকে 'ফিউসন ওয়েল্ডিং' (Fusion Welding) বলে।

এই দুইটি নীতির উপর ভিত্তি করিয়া কারখানায় সাধারণতঃ তিন রকম ওয়েল্ডিং প্রচলিত—

(১) ফোর্জ ওয়েল্ডিং (Forge Welding)—কামারশালার চুল্লীর (Forge) মধ্যে ধাতুখণ্ডকে উত্তপ্ত করার পর হাতুড়ীর আঘাত দিয়া যে জোড়া দেওয়া হয়। এই সম্পর্কে পূর্ব্বে ১৩২ নং পৃষ্ঠায় আলোচনা করা হইয়াছে।

(২) ইলেকট্রিক ওয়েল্ডিং (Electric Welding)—বিদ্যুৎ-শক্তির সাহায্যে তাপ সৃষ্টি করিয়া যে জোড়া দেওয়া হয়।

(৩) গ্যাস ওয়েল্ডিং (Gas Welding)—এসিটিলিন, হাইড্রোজেন, ...াপ সৃষ্টি করিয়া যে জোড়া দেওয়া হয়।

বর্তমানে ওয়েল্ডিং প্রণালীর চলন খুব বেশী হইয়াছে। পূর্ব্বে যে সকল অংশ রিভেটের সাহায্যে জোড়া দেওয়া হইত, এখন উহা প্রায়ই ওয়েল্ডিং করিয়া জোড়া দেওয়া হইয়া থাকে। জাহাজ, পুল, ষ্টীলের কাঠামো (Steel frame), ট্যাঙ্ক, পাইপ লাইন, ইত্যাদি তৈয়ার করিতে এবং ভাঙ্গা বা কাটা ঢালাই করা জিনিষকে মেরামত করিতে ইলেক্ট্রিক এবং গ্যাস ওয়েল্ডিং দুইই খুব উপযোগী। দুই প্রণালীতেই অংশ দুইটিকে কারখানায় না আনিয়া যেখানে উহা আছে ঐখানে রাখিয়াই জোড়া দেওয়া সম্ভব হয়। মেশিনের কিছু কিছু অংশ পূর্ব্বে যাহা ঢালাই করিয়া তৈয়ার করা হইত বর্তমানে অনেক বড় বড় কারখানায় উহা এখন ওয়েল্ডিং প্রণালীতে ষ্টীলের পাতকে জোড়া দিয়া তৈয়ার করা হইতেছে।

নীচে ইলেক্ট্রিক এবং গ্যাস ওয়েল্ডিং সম্বন্ধে সংক্ষেপে আলোচনা করা হইতেছে—

ইলেক্ট্রিক ওয়েল্ডিং

ইহাকে প্রধানতঃ দুই রকমে ভাগ করা যায়—

(১) রেসিষ্ট্যান্স ওয়েল্ডিং (Resistance Welding)

(২) আর্ক ওয়েল্ডিং (Arc Welding)

প্রথমটি 'প্রেসার ওয়েল্ডিং' এবং দ্বিতীয়টি 'ফিউসন ওয়েল্ডিং' নীতির অন্তর্ভুক্ত।

রেসিষ্ট্যান্স ওয়েল্ডিং

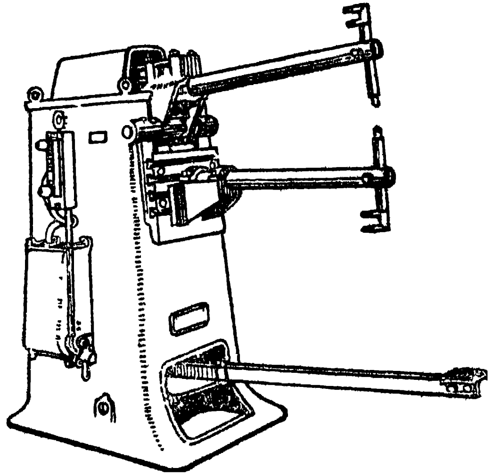
ইহাতে যে দুইটি অংশকে ওয়েল্ডিং করিতে হইবে উহাদের মধ্য দিয়া বিদ্যুৎপ্রবাহ (অল্টারনেটিং কারেণ্ট Alternating Current) পাঠান হয়। এই প্রবাহ অংশ দুইটির জোড়মুখের বৈদ্যুতিক বাধা (electric resistance) দ্বারা এমন প্রচুর তাপ সৃষ্টি করে যাহার ফলে ঐস্থানের

ধাতু গলিয়া যায়। 'রেসিষ্ট্যান্স ওয়েল্ডিং' স্বয়ংক্রিয়াশীল (automatic) প্রণালী। সাধারণতঃ ইহা মেশিনের সাহায্যে করা হয় অল্প দক্ষ কারিকরও এই রকমের ওয়েল্ডিং অনায়াসে করিতে পারে।

'রেসিষ্ট্যান্স ওয়েল্ডিং'এর যে তিন রকম সাধারণতঃ চলিত তাহা এই—

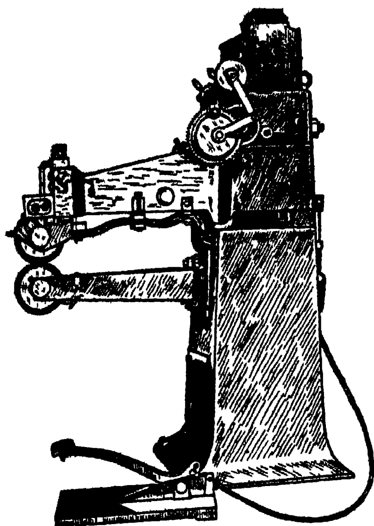
(১) **বাট ওয়েল্ডিং (Butt Welding)**—ইহাতে খণ্ড দুইটিকে মুখে মুখে লাগাইয়া (butt) চাপ দেওয়া হয় এবং অংশ দুইটির মধ্য দিয়া বিদ্যুৎপ্রবাহ পাঠান হয়। রড, তার, ছোট পাইপ, ইত্যাদিকে জোড়া দিতে ইহা উপযোগী।

(২) **স্পট ওয়েল্ডিং (Spot Welding)**—ইহা দ্বারা $\frac{3}{16}$ ইঞ্চের কম পাতলা শীট (sheet)-কে জোড়া দিতে সুবিধা হয়। মেশিনের সাহায্যে এই ওয়েল্ডিং করা হয়। পার্শ্বে এই মেশিনের একটি ছবি দেওয়া হইল। ইহাতে দুইটি 'ইলেক্ট্রোড' (Electrode) আছে একটি স্থির, অপরটি চলনশীল। যে শীট দুইটিকে জোড়া দিতে হইবে উহাদের প্রান্ত দুইটির একটিকে অপরটির উপরে রাখিয়া (over lapping) শীট দুইটিকে প্রথমে স্থির ইলেক্ট্রোডটির উপরে রাখিতে হয়। পরে, ইলেক্ট্রোড দুইটিকে বিদ্যুৎশক্তির সহিত যোগ করাইয়া চলনশীল ইলেক্ট্রোডটিকে যখন শীট দু' সহিত স্পর্শ করান হয় তখন সাময়িকভাবে বিদ্যুৎশক্তি প্রবাহিত (current) হয়। ফলে, জোড়ের মুখে প্রায় বিন্দু পরিমাণ স্থানে) যায় এবং শীট দুইটি যুক্ত হয়। ছোট রিভেট যতটা স্থান জুড়িয়া



দেয় ইলেক্ট্রোড দুইটির মুখও ঐ পরিমাণ সরু করা থাকে বলিয়া রিভেট ব্যবহারের পরিবর্ত্তে এই প্রণালীর ওয়েল্ডিং খুব কার্য্যকরী হয়।

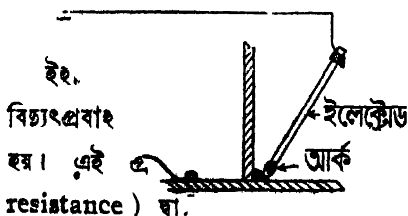
(৩) সীম ওয়েল্ডিং (**Seam Welding**)—ইহাও মেশিনের সাহায্যে



এবং মূলতঃ 'স্পট ওয়েল্ডিং'এর নীতিতেই করা হয়। তবে, 'স্পট ওয়েল্ডিং'এ ইলেক্ট্রোড দুইটির মুখ যেমন সরু করা থাকে, ইহাতে তাহা থাকে না। ইলেক্ট্রোড দুইটি গোল চাকৃতী (disc) আকারের থাকে। ফলে, শীট দুইটির জোড় একটির পর একটি বিন্দু পরম্পরায় না হইয়া বিরামহীন বিন্দু অর্থাৎ রেখার মত হয়। পার্শ্বে 'সীম ওয়েল্ডিং' মেশিনের একটি ছবি দেওয়া হইল। তৈল, রং, ইত্যাদির আধার (drum) তৈয়ার করিতে ইহা খুব উপযোগী হয়।

আর্ক ওয়েল্ডিং (**Arc Welding**)

ইহাতে, বৈদ্যুতিক টারমিনাল (terminals) দুইটির একটিকে যে ধাতুখণ্ডকে ওয়েল্ডিং করিতে হইবে উহার সহিত এবং অপরটিকে 'ইলেক্ট্রোড'এর



সহিত যুক্ত করিয়া রাখা হয়। বিদ্যুৎশক্তির সহিত যুক্ত থাকা অবস্থায় ইলেক্ট্রোডটিকে যখন ধাতুখণ্ডের খুব নিকটে আনা হয় অর্থাৎ প্রায় স্পর্শ করান হয় তখন জোড়মুখের

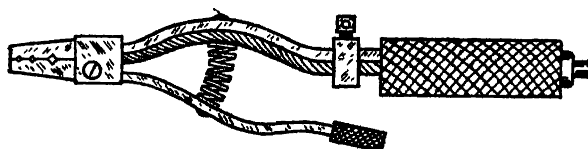
ইহ.
বিদ্যুৎপ্রবাহ
হয়। এই (
resistance) বা.

খুবই কম হইয়া যায় বলিয়া অনেক বেশী কারেন্ট প্রবাহিত

হয়। ফলে, ঐস্থানে প্রচুর তাপ সৃষ্টি হয় এবং তীব্র আলো দেখা দেয়। ইহাকেই 'আর্ক' (Arc) বলে। 'আর্ক'-এর প্রচুর তাপই ধাতুকে গলাইয়া দেয়।

'আর্ক ওয়েল্ডিং'-এ দুই রকম 'ইলেক্ট্রোড' ব্যবহার করা হয়—
(ক) কারবন দ্বারা তৈয়ারী (খ) ধাতু দ্বারা তৈয়ারী।

ইলেক্ট্রোড ধরার জন্য যে যন্ত্রটি ব্যবহার করা হয় উহাকে 'ইলেক্ট্রোড হোল্ডার' (Electrode Holder) বলে। নীচে ইহার একটি ছবি দেওয়া হইল—



ইলেক্ট্রোড হোল্ডার

কারবনের তৈয়ারী ইলেক্ট্রোড দ্বারা 'ওয়েল্ডিং'-এর বেলায়—বিদ্যুৎ-শক্তির 'ডিরেক্ট কারেন্ট' (Direct Current) প্রয়োজন হয় এবং ইহার 'পজিটিভ টারমিনাল' (Positive terminal)-কে যে ধাতুখণ্ডকে ওয়েল্ডিং করিতে হইবে উহার সহিত যুক্ত করিয়া রাখিতে হয়। ইহা না করিলে কারবনের কণা গলিত ধাতুর মধ্যে প্রবেশ করিয়া উহাকে শক্ত এবং ভঙ্গুর করিয়া ফেলে। ধাতু দ্বারা তৈয়ারী ইলেক্ট্রোডের সাহায্যে ওয়েল্ডিং করিতে 'ডিরেক্ট' বা 'অলটারনেটিং' (Alternating) কারেণ্টের যে কোন একটি হইলেই চলে।

'আর্ক ওয়েল্ডিং' হাতেই করা হয় এবং সাধারণতঃ দক্ষ কারিকর ভিন্ন ইহা করা সম্ভব হয় না। ইহাতে প্রধানতঃ যে সকল সরঞ্জাম প্রয়োজন হয় তাহা এই :—

(১) ওয়েল্ডিং প্ল্যাণ্ট (Welding Plant)
(২) ইলেক্ট্রোড ধারক (Electrode Holder)
(৩) ফ্লেক্সিবল রকমের বৈদ্যুতিক তার (Flexible Cable)
(৪) ইলেক্ট্রোড (Electrode)

(৫) রঙীন চশমাসহ মুখাবরক

(৬) চামড়ার তৈয়ারী দস্তানা (Gloves)

(৭) চামড়ার দেহাবরক (Apron)

(৮) ধাতুনির্ম্মিত ওয়েল্ডিং টেবিল

'আর্ক ওয়েল্ডিং' প্রণালীতে জোড়মুখের ধাতুকে ত' গলান যায়ই, উপরন্তু ঐস্থানে আবশ্যক মত ধাতুকে যোগ করারও সুবিধা হয়। এই কারণে, সাধারণ রকমের জোড়া দেওয়ার কাজ ভিন্ন, ঢালাই করা অংশের কাটা বা ভাঙ্গা অংশকে মেরামত করিতেও ইহা উপযোগী হয়।

গ্যাস ওয়েল্ডিং (Gas Welding)

'গ্যাস ওয়েল্ডিং' বলিতে সাধারণতঃ 'অক্সি-এসিটিলিন' (Oxy-Acetylene) ওয়েল্ডিংকেই বুঝায়। কারণ, ইহার চলন খুব বেশী। এইস্থানে এই 'অক্সি-এসিটিলিন গ্যাস ওয়েল্ডিং' সম্পর্কেই আলোচনা করা হইতেছে। ইহাতে অক্সিজেন (Oxygen) এবং 'এসিটিলিন' (Acetylene) নামে ছুইটি গ্যাস ব্যবহার করা হয়। ক্যালসিয়াম কারবাইড (Calcium Carbide)-কে জলের মধ্যে মিশাইলে যে গ্যাস উৎপন্ন হয় উহাই এসিটিলিন গ্যাস। এসিটিলিন গ্যাস জ্বলে এবং অক্সিজেন গ্যাস ইহাকে জ্বলিতে সাহায্য করে। 'ব্লো-পাইপ' (Blow Pipe) অর্থাৎ বায়ু-নলীর মধ্যে এই গ্যাস ছুইটি মিশিয়া যখন ইহার নজল (Nozzle)-এর মুখে আসে তখন অগ্নিস্পর্শ হওয়ামাত্র উহা জ্বলে। এই জ্বলার ফলে প্রচুর তাপ সৃষ্টি হয়।

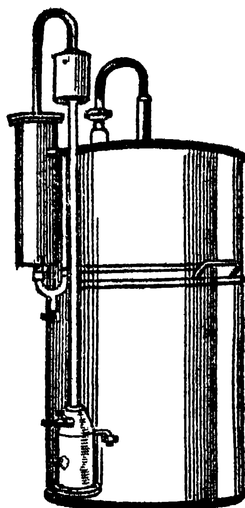
'অক্সি এসিটিলিন ওয়েল্ডিং' ছুই প্রথায় করা হয়—

(১) বেশী চাপ প্রথা (High pressure system)

(২) অল্প চাপ প্রথা (Low pressure system)

প্রথমটিতে ছুইটি গ্যাসই নিজ নিজ লৌহাধার বা 'সিলিণ্ডার' (Cylinder) মধ্যে খুব বেশী চাপে (প্রতি স্কোয়ার ইঞ্চে প্রায় ছুইশত পঁচিশ পাউণ্ড চাপে) জমা করা থাকে। আর, দ্বিতীয়টিতে অক্সিজেন বেশী চাপে সিলিণ্ডার মধ্যে জমা করা থাকে, কিন্তু এসিটিলিনকে সিলিণ্ডার হইতে না লইয়া লওয়া হয় প্রত্যক্ষভাবে

এক উৎপাদক যন্ত্র (জেনারেটর Generator) হইতে (পার্শ্বের ছবি) প্রতি স্কোয়ার ইঞ্চে প্রায় আধ পাউণ্ড চাপে। ব্লো-পাইপ প্রতিটি ক্ষেত্রে স্বতন্ত্র রকমের ব্যবহার করা হয়। বেশী চাপ প্রথার ব্লো-পাইপের গঠন সরল। কিন্তু, অল্প চাপ প্রথার ব্লো-পাইপ 'ইন্‌জেক্টর' (Injector) নীতিতে তৈয়ারী থাকে। অক্সিজেন বেশী চাপে থাকে বলিয়া উহা যখন ইহার মধ্য দিয়া প্রবাহিত হয় তখন অল্প চাপের এসিটিলিন গ্যাসকে টানিয়া সঙ্গে লইয়া যায়। প্রয়োজন অনুসারে গ্যাসকে বেশী বা কম হারে পাওয়ার জন্য প্রত্যেক ব্লো-পাইপের সহিত দুইটি করিয়া 'কণ্ট্রোল ভাল্‌ভ' (Control Valve) থাকে। একটি অক্সিজেনের জন্য, অপরটি এসিটিলিনের জন্য।



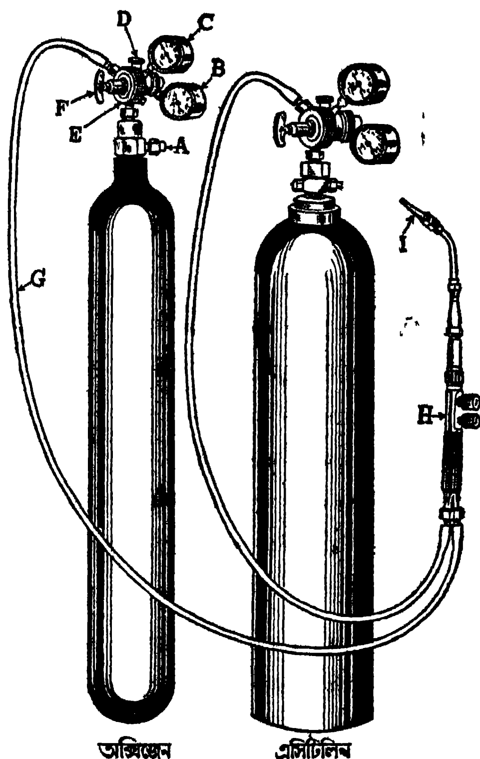
এসিটিলিন জেনারেটর

বেশী চাপ প্রথায় তাপের মাত্রা বেশী হয়। উহাকে নিয়ন্ত্রণও ভালভাবে করা যায়। ইহা ভিন্ন, নিরাপত্তা এবং সরঞ্জামকে এক স্থান হইতে অন্য স্থানে লইয়া যাওয়ার সুবিধার দিক হইতেও অল্প চাপ প্রথার তুলনায় বেশী চাপ প্রথাই ভাল।

সিলিণ্ডারের মধ্যে গ্যাস অনেক বেশী চাপে থাকিলেও কাজের রকম অনুযায়ী উহাকে যাহাতে বাহিরে অপেক্ষাকৃত কম চাপে পাওয়া যায় এইজন্য প্রত্যেকটি সিলিণ্ডারের মুখে একটি করিয়া 'রেগুলেটর' (Regulator) যন্ত্র থাকে। পার্থক্য রাখার জন্য এসিটিলিনের রেগুলেটর বামদিকের থ্রেডযুক্ত করা থাকে। অর্থাৎ, বামদিকে ঘুরাইলে ইহা আটকায়। আর, অক্সিজেনের রেগুলেটর ডানদিকের থ্রেডযুক্ত করা থাকে। অর্থাৎ, ডানদিকে ঘুরাইলে আটকায়। ইহা ভিন্ন, প্রতিটি সিলিণ্ডারের সহিত দুইটি করিয়া 'প্রেশার্‌ গেজ' (Pressure Gauge) অর্থাৎ, চাপমান যন্ত্র থাকে। ইহা দেখিতে ঘড়ির মত।

একটি দ্বারা সিলিণ্ডারের মধ্যে গ্যাস কত চাপে আছে তাহা এবং অপরটি দ্বারা উহা ব্লো-পাইপের মধ্যে কত চাপে আসিতেছে তাহা জানা যায়।

নীচে, 'হাই প্রেশার' প্রথায় (High pressure system) অক্সিজেন এবং এসিটিলিন সিলিণ্ডারের এবং উহাদের সহিত ব্যবহৃত সরঞ্জামের একটি ছবি দেওয়া হইল।



A—ভাল্‌ভ (Valve) ইহাকে বন্ধ করিলে গ্যাস সিলিণ্ডার হইতে বাহির হইতে পারে না।

B—সিলিণ্ডার প্রেশার গেজ (Cylinder Pressure Gauge) সিলিণ্ডারের মধ্যে গ্যাস কত চাপে সঞ্চিত আছে ইহা দ্বারা তাহা মাপ করা হয়।

C—আউটলেট প্রেশার গেজ (Outlet Pressure Gauge)। ফ্লেম' গ্যাস কত চাপে বাহিরে আসিতেছে তাহা মাপ করার যন্ত্র।

D—সেফ্‌টি ভাল্‌ভ (Safety Valve)। সিলিণ্ডারের বিপদ নিবারক ব্যবস্থা।

E—প্রেশার রেগুলেটর (Pressure Regulator)। চাপ নিয়ন্ত্রণকারক যন্ত্র।

F—প্রেশার রেগুলেটিং স্ক্রু (Pressure Regulating Screw)। ইহাকে ঘুরাইয়া চাপকে নিয়ন্ত্রণ করা হয়।

G—হোজ (Hose)। এই নলের মধ্য দিয়া গ্যাস ব্লো-পাইপে আসে।

H—ব্লো-পাইপ (Blow Pipe)। অর্থাৎ বায়ু নলী। ইহার মধ্যে গ্যাস দুইটি মিশে।

I—নজল (Nozzle)। ইহার ছিদ্রের মধ্য দিয়া গ্যাস বাহিরে আসে এবং ব্লো-পাইপের মুখে জ্বলে।

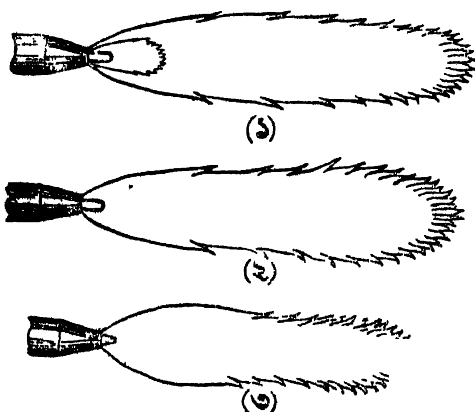
ব্লো-পাইপের ফ্লেম (Flame) অর্থাৎ অগ্নিশিখা

ব্লো-পাইপের মুখে যখন অক্সিজেন এবং এসিটিলিন গ্যাস একযোগে বাহির হয় তখন উহাতে অগ্নিস্পর্শ করানমাত্র এসিটিলিন জ্বলে এবং শিখার (Flame) উদ্ভব হয়। গ্যাস দুইটি ব্লো-পাইপের মধ্যে যে অনুপাতে মিশে এই শিখা সেই অনুযায়ী হয়। বিভিন্ন রকম কাজের জন্য বিভিন্ন রকম শিখার প্রয়োজন হইয়া থাকে। শিখা ঠিকমত না হইলে ওয়েল্ডিং করা সম্ভব হয় না। এইজন্য, ওয়েল্ডিং বিভাগের প্রত্যেক কারিকরের (Welder) এই শিখা অর্থাৎ 'ফ্লেম' সম্বন্ধে উপযুক্ত জ্ঞান থাকা উচিত।

ব্লো-পাইপের কেবল এসিটিলিন 'কণ্ট্রোল ভাল্‌ভ'টিকে খুলিয়া যখন অগ্নি স্পর্শ করান হয় তখন নজলের মুখে হরিদ্রা বর্ণের এবং ধোঁয়াসহ যে শিখার

একর্ষ হয় উহাকে 'এসিটিলিন ফ্লেম' (Acetylene Flame) বলে। ইহার তাপ খুব কম হয় বলিয়া ওয়েল্ডিং-এর কাজের পক্ষে ইহা উপযোগী হয় না। 'এসিটিলিন ফ্লেম' উৎপন্ন করার পর ধীরে ধীরে অক্সিজেনের 'কণ্ট্রোল ভাল্‌ভ'টিকে খুলিলে সাধারণতঃ তিন রকম শিখার উদ্ভব হয়। নীচে ইহাদের ছবি দেওয়া হইল। ইহাদের প্রত্যেকটিরই তাপ বেশী বলিয়া ওয়েল্ডিং কাজের পক্ষে উপযোগী হয়।

(১) কারবুরাইজিং ফ্লেম (Carburising Flame)—যে পরিমাণ অক্সিজেন আসিলে এসিটিলিন পূর্ণভাবে জ্বলিতে পারে অক্সিজেন যখন উহা অপেক্ষা কম হারে ব্লো-পাইপে আসে তখন ইহা উৎপন্ন হয়। ষ্টীল ঠিকমত উত্তপ্ত হইলে এই ফ্লেম কারবনকে ষ্টীলের ভিতরে রাসায়নিকভাবে যুক্ত করায়। ষ্টীলের তৈয়ারী পাইপের বাট জয়েণ্টের (Butt joint) পক্ষে ইহা উপযোগী হয়।



(২) নিউট্রাল ফ্লেম (Neutral Flame)—যে পরিমাণ অক্সিজেন আসিলে এসিটিলিন পূর্ণভাবে জ্বলিতে পারে অক্সিজেন যখন ঠিক ঐ পরিমাণে আসে তখন ইহা উৎপন্ন হয়। এই ফ্লেমই সাধারণতঃ ষ্টীল, কাষ্ট আয়রণ, কপার এবং এলুমিনিয়ামকে ওয়েল্ডিং করিতে ব্যবহৃত হয়।

(৩) অক্সিডাইজিং ফ্লেম (Oxidising Flame)—যে পরিমাণ অক্সিজেন আসিলে এসিটিলিন পূর্ণভাবে জ্বলিতে পারে অক্সিজেন যখন উহা অপেক্ষা বেশী পরিমাণে আসে তখন ইহা উৎপন্ন হয়। ব্রাস (পিতল)

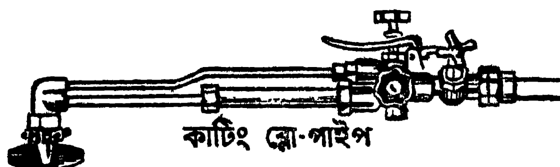
ধাতুকে ওয়েল্ডিং করিতে এই ফ্লেম প্রয়োজন হইয়া থাকে। 'নিউট্রাল ফ্লেম' অপেক্ষা এই ফ্লেমের তাপ কম হয়।

ফ্লাক্স (Flux)—উত্তপ্ত ধাতু বায়ুর সংস্পর্শে শীঘ্র 'অক্সিডাইজড্' (Oxidised) হইয়া যায় বলিয়া ঐ অবস্থায় ওয়েল্ডিং করিলে জোড় ভাল হয় না, দুর্ব্বল হয়। এই অসুবিধা দূর করার জন্য, যে রাসায়নিক জিনিষকে ওয়েল্ডিং কালে ধাতুর উপর প্রয়োগ করা হইয়া থাকে উহাকে 'ফ্লাক্স' (Flux) বলে। এই ফ্লাক্স ধাতুর উপরের অক্সিজেনযুক্ত আবরণকে গলাইয়া সরের (scum) আকারে উপরে ভাসাইয়া দেয়। ওয়েল্ডিং করার সময় মধ্যে মধ্যে এই সরকে সরাইয়া ফেলিতে হয়।

ওয়েল্ডিং রড (Welding Rod)—ইহার অপর নাম 'ফিলিং রড' (Filling Rod)। ওয়েল্ডিং করার সময় ধাতুর উপাদানের তারতম্য হইয়া যায়। এই তারতম্য দূর করিয়া ধাতুর উপাদানকে পূর্ব্বের অবস্থায় আনিতে 'ওয়েল্ডিং রড'কে গলাইয়া জোড়স্থানে যোগ করা হয়। যে ধাতুকে ওয়েল্ডিং করা হয় 'ওয়েল্ডিং রড' মূলতঃ উহা দ্বারাই তৈয়ারী হইয়া থাকে। কিন্তু, ইহা মূল ধাতু অপেক্ষা বেশী গুণসম্পন্ন থাকে।

শিখা দ্বারা লৌহখণ্ডকে ছেদ করা (ফ্লেম কাটিং Flame Cutting)—

অক্সি-এসিটিলিন প্রথায় ওয়েল্ডিং-এর জন্য পূর্ব্বে যে তিন রকম শিখার কথা বলা হইয়াছে ইহা ভিন্ন অন্য রকম শিখাও ব্যবহৃত হয়। এই


কাটিং ব্লো-পাইপ

শিখা "কাটিং ব্লো পাইপ" (Cutting Blow Pipe) নামে এক বিশেষ রকমের ব্লো-পাইপের সাহায্যে উৎপন্ন করা হয়। ইহা দ্বারা লৌহের

তৈয়ারী খণ্ডকে ছেদ করা যায়। কাষ্ঠ আয়রণ এবং ষ্টীলকে কাটার উপযোগী শিখা যথাক্রমে (ক) এবং (খ) দ্বারা দেখান হইল। যেখানে চিজেল (Chisel) কিংবা হ্যাক-স (Hack-saw) যন্ত্র দ্বারা ধাতুখণ্ডকে কাটা অসুবিধা হয় অথবা উহা অনেক পরিশ্রম সাধ্য হয় সেখানে এই শিখা দ্বারা উহাকে খুব শীঘ্র এবং সহজে কাটিয়া ফেলা যায়। বাতিল পুরাতন মেশিন, ষ্টীলের কাঠামো, ইত্যাদিকে স্থানান্তরিত করার উদ্দেশ্যে উহাদিগকে কাটিয়া ফেলিতে কিংবা কোন ধাতুখণ্ডের অতিরিক্ত অংশকে বাদ দিয়া উহাকে কোন নূতন আকারে আনিতে অথবা উহার প্রান্তকে ঢালু (bevelled) করিতে এই 'ফ্লেম কাটিং' প্রথা খুব উপযোগী হয়।



(ক)



(খ)

কারখানার ড্রয়িং (Mechanical Drawing)

নমুনা দেখিয়া উহা অনুযায়ী কাজ করার সুযোগ অনেক সময়ই কারিকরের হয় না। তাহাকে প্রায়ই কাগজে আঁকা নক্সা বা ড্রয়িং (Drawing) হইতে সমস্ত বিবরণ এবং মাপ জানিয়া লইয়া কাজ করিতে হয়। ইহা ভিন্ন, তাহাকেও যখন অন্যকে কোন কিছু বুঝাইতে হয় তখন এই নক্সার সাহায্যেই উহা বুঝাইবার প্রয়োজন হয়। এই কারণে, নক্সা করা এবং নক্সা পড়া উভয়ের সম্বন্ধেই প্রত্যেক কারিকরের উপযুক্ত জ্ঞান থাকা একান্ত আবশ্যক। কারিকরের যতই দক্ষতা থাকুক, নক্সা বুঝিতে বা বুঝাইতে না পারিলে কারখানায় কখনও তাহার উপযুক্ত সমাদর হয় না।

কারখানার ড্রয়িংগুলি সকল সময়ই কতকগুলি নির্দিষ্ট নিয়ম অনুযায়ী করা হয় এবং সকল দেশে মূলতঃ একই নিয়ম চলিত বলিয়া উহা বুঝিতে বা বুঝাইতে কাহারও কোন সময় অসুবিধা হয় না। জিনিষটি তৈয়ারী হইয়া যাওয়ার পর উহা কি রকম গঠনের এবং মাপের হইবে কতকগুলি রেখার সাহায্যে ড্রয়িং উহারই পরিচয় দিয়া থাকে।

প্রত্যেকটি ঘন বস্তুর দিকে লক্ষ্য করিলে দেখা যাইবে যে, উহা প্রকৃতপক্ষে কয়েকটি তল বা উপরিভাগের (surface) সমষ্টি মাত্র। এই উপরিভাগগুলির একটি অপরটির দ্বারা যে যে ধার (edge) উৎপন্ন করে উহাদিগকেই ড্রয়িং-এ লাইনের সাহায্যে দেখান হইয়া থাকে। ইহা ভিন্ন, ঘন বস্তুর সম্পূর্ণ পরিচয় দিতে হইলে দৈর্ঘ্য, প্রস্থ এবং বেধ বা উচ্চতা প্রয়োজন হয় বলিয়া উহাকে কম পক্ষে দুইটি চিত্রের সাহায্যে দেখান হইয়া থাকে। একটি চিত্রের রেখা হইতে 'অভিক্ষেপ' বা 'প্রজেকশন' (Projection) টানিয়া অপর চিত্রের রেখা টানা হয়। ফলে, চিত্রগুলির মধ্যে একটা পরস্পর সম্বন্ধ থাকে। কারখানার ড্রয়িং-এ যে নীতিতে অভিক্ষেপ টানা হয় উহাকে 'লম্ব অভিক্ষেপ' অর্থাৎ 'অর্থোগ্রাফিক প্রজেকশন' (Orthographic Projection) নীতি বলে।

চিত্রগুলি নিম্নলিখিত দৃশ্য অনুসারে আঁকা হইয়া থাকে—

(১) 'ফ্রন্ট এলিভেশন' (Front Elevation) বা 'ফ্রন্ট ভিউ' (Front View)—জিনিষটির প্রতি ঠিক সম্মুখদিক হইতে ভূমি-সমান্তরালভাবে (horizontally) দৃষ্টিপাত করিলে যে রকম দেখা যায়, তাহা।

(২) 'প্ল্যান' (Plan) বা 'টপ ভিউ' (Top View)—ঠিক উপর হইতে নীচের দিকে ভূমির সহিত লম্বভাবে (vertically) জিনিষটির প্রতি দৃষ্টিপাত করিলে যে রকম দেখা যায়, তাহা।

সরল গঠনের জিনিষকে বুঝাইতে এই দুইটি চিত্রই যথেষ্ট হয় ঠিকই; কিন্তু, ব্যবহারিক ক্ষেত্রে যে সকল জিনিষ পাওয়া যায় উহাদের গঠন খুব

সরল না হইয়া অল্পবিস্তর জটিল রকমের হয়। ফলে, উহাদিগকে উত্তমরূপে বুঝাইতে আরও চিত্রের প্রয়োজন হইয়া থাকে। এই চিত্র যে যে দৃশ্য অবলম্বনে আঁকা হয়, তাহা এই—

(৩) লেফ্‌ট এণ্ড এলিভেশন (Left End Elevation) বা লেফ্‌ট এণ্ড ভিউ (Left End View)—জিনিষটির প্রতি বামদিক হইতে ভূমি-সমান্তরালভাবে দৃষ্টিপাত করিলে যে রকম দেখা যায়, তাহা।

(৪) রাইট এণ্ড এলিভেশন (Right End Elevation) বা রাইট এণ্ড ভিউ (Right End View)—জিনিষটির প্রতি ডানদিক হইতে ভূমি-সমান্তরালভাবে দৃষ্টিপাত করিলে যে রকম দেখা যায়, তাহা।

ড্রয়িং-এ এই সকল দৃশ্যের চিত্রগুলির মধ্যে কোনটি কোথায় থাকিবে ঐ বিষয়েও নিয়ম নির্দ্দিষ্ট করা আছে। ব্রিটিশ এবং আমেরিকান প্রথায় এই নিয়ম বিভিন্ন রকমের।

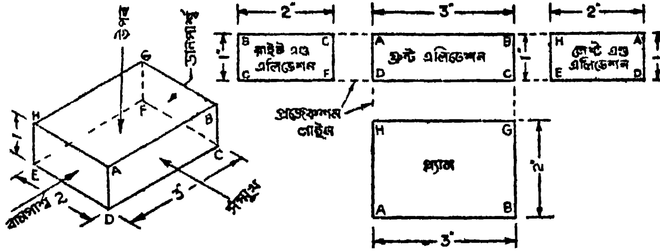
ব্রিটিশ প্রথায় 'ফ্রণ্ট এলিভেশন' উপরে, উহার নীচে 'প্ল্যান' এবং 'ফ্রণ্ট এলিভেশন'-এর ডানদিকে 'লেফ্‌ট এণ্ড এলিভেশন' এবং বামদিকে 'রাইট এণ্ড এলিভেশন' আঁকা হইয়া থাকে।

কিন্তু, আমেরিকান প্রথায় 'প্ল্যান' উপরে, উহার নীচে 'ফ্রণ্ট এলিভেশন' এবং ফ্রণ্ট এলিভেশনের বামদিকে 'লেফ্‌ট এণ্ড এলিভেশন' এবং ডানদিকে 'রাইট এণ্ড এলিভেশন' আঁকা হয়।

ভারতবর্ষে এখন পর্য্যন্ত ব্রিটিশ প্রথারই চলন বেশী বলিয়া কেবল উহার বিষয়েই এখানে আলোচনা করা হইতেছে। এই ব্রিটিশ প্রথার উদাহরণ স্বরূপ একটি তিন ইঞ্চ দীর্ঘ দুই ইঞ্চ প্রস্থ এবং এক ইঞ্চ উচ্চ একটি আয়তাকার (rectangular) ধাতুখণ্ডের ড্রয়িং বিভিন্ন দৃশ্য ক্রমে পরের পৃষ্ঠায় দেখান হইল।

'ফ্রণ্ট এলিভেশন', 'প্ল্যান' ইত্যাদির বিভিন্ন চিত্র আঁকার সময় কোনটিকে প্রথম আঁকিতে হইবে তাহার সম্বন্ধে কোন বাঁধাধরা নিয়ম নাই।

জিনিষটির গঠন অনুযায়ী এবং আঁকার সুবিধার দিক হইতে যে কোন চিত্রকেই প্রথমে আঁকা চলে। এমন কি, একটি চিত্রকে অসমাপ্ত রাখিয়া অপর চিত্রও আরম্ভ করা যাইতে পারে।



একটি চিত্রের ভিত্তিতে অপর চিত্র আঁকার সময় যে 'প্রজেকশন লাইন' (Projection line) বা 'অভিক্ষেপ' রেখা টানা হয়, চিত্র আঁকা শেষ হইয়া গেলে ঐ রেখাগুলিকে মুছিয়া ফেলা নিয়ম।

চিত্রগুলি আঁকিতে এবং উহাদের মাপ উল্লেখ করিতে ড্রয়িং-এ সাধারণতঃ যে যে রেখা বা লাইন ব্যবহৃত হয় তাহা এই—

(ক) আউট লাইন (Out line)—অর্থাৎ, সীমা-রেখা। উপরি-ভাগের ধারগুলিকে এই লাইন দ্বারা দেখান হইয়া থাকে। ইহা পূর্ণ, স্পষ্ট এবং সর্ব্বত্র সমান মোটা হয়।

(খ) ডটেড লাইন (Dotted line)—অর্থাৎ, ছিন্নরেখা। বাহির হইতে দেখা যায় না অথচ ভিতরে বা পশ্চাতে আছে এই রকম ধারকে বুঝাইতে ইহা ব্যবহার করা হয়।

(গ) চেইন লাইন (Chain line)—অর্থাৎ, শিকলের মত রেখা। ইহা ছোট খণ্ড করা লাইন এবং বিন্দুর সমষ্টি। অক্ষ (axis) বা কেন্দ্ররেখা (Centre line) দেখাইতে এই রকম লাইন ব্যবহার করা হয়।

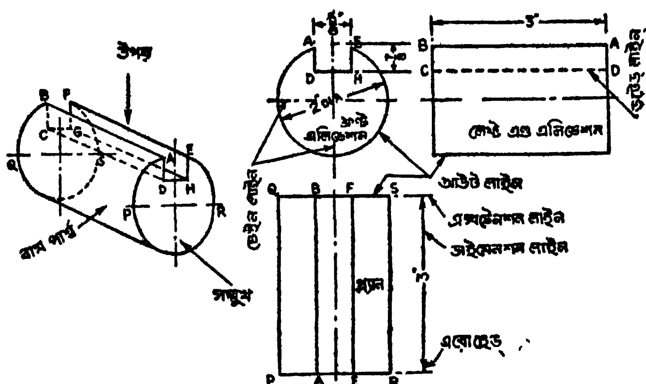
(ঘ) ডাইমেন্শন লাইন (Dimension line)—অর্থাৎ, মাপ লেখার জন্ত রেখা। উপরোক্ত 'আউট লাইনে'র মতই ইহা পূর্ণ, কিন্তু

উহা অপেক্ষা সরু। ইহার মধ্যভাগকে মুছিয়া লইয়া ঐস্থানে মাপ লেখা হয়।

(ঙ) এক্সটেনশন লাইন (Extension line)—অর্থাৎ, পরিবর্দ্ধন রেখা। যে অংশের মাপ দেখাইতে হইবে উহাকে বাহিরে টানিয়া আনার জন্ম এই লাইন ব্যবহার হয়। ইহা 'ডাইমেনশন' লাইনের মতই সরু এবং পূর্ণ।

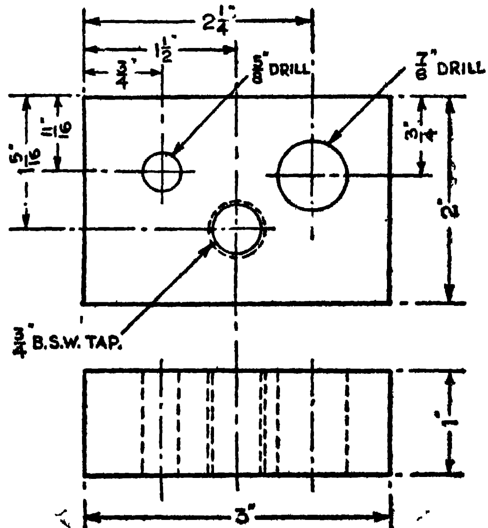
(চ) এরো হেড (Arrow head)—অর্থাৎ, তীরের মাথা। মাপ কোন স্থান হইতে কোন পর্য্যন্ত তাহা নির্দ্দিষ্ট করার জন্য 'ডাইমেনশন লাইন'এর দুই প্রান্তে ইহা আঁকা হয়।

উদাহরণস্বরূপ, নীচে নালী (Key-way) যুক্ত একটি শাফ্টের ড্রয়িং-এ উপরোক্ত লাইনগুলি দেখান হইল।



উপরোক্ত ড্রয়িংটিতে লক্ষ্য করার বিষয় এই যে, শাফ্টির 'লেফ্ট এণ্ড এলিভেশন' আঁকার সময় যখন উহার বামপার্শ্ব হইতে দৃষ্টিপাত করা হইয়াছে তখন CD বা GH লাইন বাহির হইতে দেখা যায় নাই। অথচ উহা ভিতরে আছে। এই কারণে, উহার অস্তিত্বকে 'ডটেড লাইন' দ্বারা দেখান হইয়াছে। দৃষ্টিপাত করার সময় CD এবং GH লাইন মিশিয়া যাওয়ায় কেবল একটি মাত্র লাইন 'লেফ্ট এণ্ড এলিভেশন'-এ আসিয়াছে।

মাপ লেখা সম্বন্ধে কয়েকটি বিষয় জানিয়া রাখা প্রয়োজন। ইহা সর্ব্বদা দৃশ্যের বাহিরে 'এক্সটেনশন লাইন' টানিয়া, 'ডাইমেনশন লাইন'এর মধ্যভাগকে মুছিয়া এবং যাহাতে ডান বা নীচের দিক হইতে পড়া যায় এমনভাবে লেখা নিয়ম। 'সেণ্টার লাইন' (Centre Line) বা 'আউট লাইন'-এর উপরে মাপ লেখা নিষেধ। কোন মাপ দুইবার লিখিতে নাই এবং মাপগুলিকে একস্থানে ভীড় করান উচিত নয়। 'মার্কিং' (Marking) করার সময় যে যে মাপ প্রয়োজন হইতে পারে ঐ সকল মাপ যাহাতে সহজে অর্থাৎ কোন রকম যোগ বা বিয়োগ না করিয়া প্রত্যক্ষভাবে ড্রয়িং হইতে পাওয়া যায় এইভাবে মাপ লেখা নিয়ম। সার্কেলের বেলায় উহার 'সেণ্টার'-এর মাপকে 'সেণ্টার লাইন' অবলম্বনে দেখাইতে হয়। সার্কেল যদি পূর্ণ হয় তাহা হইলে উহার মাপ ডায়মেটার দ্বারা এবং মাপের পরে DIA বা D লিখিতে হয়। আর, সার্কেল যদি পূর্ণ না হয় অর্থাৎ একটি অংশ মাত্র হয় তাহা হইলে উহার মাপ রেডিয়াস দ্বারা এবং মাপের পরে RAD বা R লিখিতে হয়।



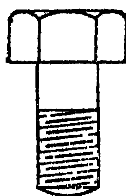
ইহা ভিন্ন, সাধারণ রকমের গোল ছিদ্রের বেলায় উহার ডায়মেটার, গভীরতা, ছিদ্র ড্রিল দ্বারা করণীয় কিনা, ইত্যাদি বিষয় লিখিয়া দিতে হয়। আর, যদি ছিদ্রটিতে স্ক্রু-থ্রেড করা থাকে তাহা হইলে, উহার বেলায় কোন ষ্ট্যাণ্ডার্ডের থ্রেড, ট্যাপ দ্বারা ইহা করণীয় কিনা, ইত্যাদি বিষয় লিখিতে হয়। সাধারণ ছিদ্রকে একটিমাত্র সার্কেল দ্বারা এবং স্ক্রু-থ্রেড যুক্ত ছিদ্রকে দুইটি

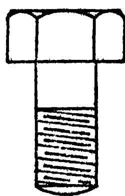
সার্কেল দ্বারা (একটি পূর্ণ রেখার এবং অপরটি উহার বাহিরে ছিন্নরেখা দ্বারা) দেখান নিয়ম। পূর্ব্ব পৃষ্ঠায় ড্রয়িংটিতে ইহা দেখান আছে।

কনভেনশন (Convention)

ড্রয়িং-এ কতকগুলি বিষয়কে বিস্তৃতভাবে না আঁকিয়া সংক্ষেপে এবং সহজ উপায়ে দেখানর নিয়ম চলিত আছে। ইহাকে 'কনভেনশন' বলে। নীচে এই 'কনভেনশন' সম্পর্কে সংক্ষেপে আলোচনা করা হইতেছে—

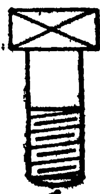
ভী-থ্রেড (Vee Thread)—'এলিভেশন'-এ ভী-থ্রেডকে "ভী" (V) আকারের না আঁকিয়া ক্রমান্বয়ে কতকগুলি সরু এবং মোটা লাইন দ্বারা দেখান হইয়া থাকে। সরু লাইন থ্রেডের 'আউট-সাইড' ডায়মেটারকে এবং মোটা লাইন থ্রেডেব 'কোর' ডায়মেটারকে নির্দ্দেশ করে। 'রাইট হ্যাণ্ড' থ্রেডযুক্ত বোল্টের বেলায় লাইনগুলিকে বামদিকে নত (inclined) এবং 'লেফ্ট হ্যাণ্ড' থ্রেডযুক্ত বোল্টেব বেলায় উহাদিগকে ডানদিকে নত দেখান নিয়ম। পার্শ্বে একটি বোল্টের ড্রয়িং-এ এই কনভেনশন দেখান হইল।


রাইট হ্যাণ্ড


লেফ্ট হ্যাণ্ড

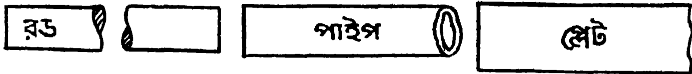
ছোট বোল্ট এবং স্ক্রু ইত্যাদির বেলায় উপরের মত ক্রমান্বয়ে সরু এবং মোটা লাইন না টানিয়া দুই পার্শ্বে অক্ষের সহিত সমান্তরাল করিয়া লাইন টানিয়া উহা দেখানর নিয়ম চলিত আছে। থ্রেড 'লেফ্ট হ্যাণ্ড' রকমের হইলে পার্শ্বে L. H. কথা লিখিয়া দিতে হয়। 'রাইট হ্যাণ্ড' থ্রেডের বেলায় কিছু লেখার প্রয়োজন হয় না। কারণ, ইহাই অধিকাংশ ক্ষেত্রে ব্যবহৃত হয়।



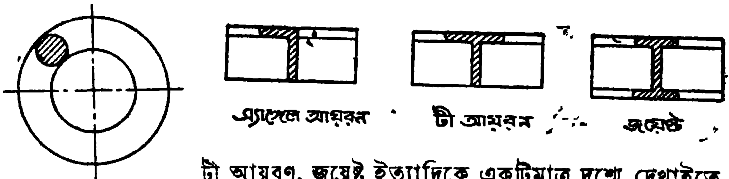


বোল্টের মাথা বা কোন অংশ চতুষ্কোণ আকারের হইলে দুইটি কর্ণ (diagonal) টানিয়া উহা দেখান নিয়ম (যেমন, উপরে পার্শ্বের ছবি)।

বড় রড (Rod), পাইপ, প্লেট (Plate) ইত্যাদি ড্রয়িং-এর বেলায় উহাদিগের পূর্ণ লম্বা মাপ না দেখাইয়া ভগ্ন অবস্থায় ছোট করিয়া নীচের ছবির মত দেখান হয়।



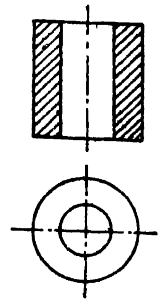
গোল রড দ্বারা তৈয়ারী রিং (Ring)-কে অথবা এঙ্গেল আয়রণ,



টী আয়রণ, জয়েন্ট ইত্যাদিকে একটিমাত্র দৃশ্যে দেখাইতে হইলে উপরের ছবির মত দেখান নিয়ম।

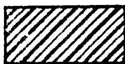
সেকশন (Section)

অনেক জটিল গঠনের জিনিষ আছে যাহাদিগকে বুঝাইতে সাধারণভাবে 'ফ্রণ্ট এলিভেশন', 'প্ল্যান', 'এণ্ড এলিভেশন' ইত্যাদি দৃশ্য যতই লওয়া হউক না কেন, তথাপি ভিতরের গঠন অস্পষ্ট থাকিয়া যায়। ঐক্ষেত্রে এই অস্পষ্টতা দূর করার জন্য জিনিষটিকে অনুমানে ছেদ করিয়া দৃশ্য লওয়া হইয়া থাকে। এই ছেদ করার প্রণালীকে 'সেকশন' করা বলে। এই 'সেকশন' বা ছেদ করার সময় ছেদ-তল (sectional plane) যে যে স্থানে ধাতুকে স্পর্শ করে ঐ ঐ স্থানগুলিকে সমান দূরত্বে 45°-তে নত লাইন দ্বারা দেখান নিয়ম। পার্শ্বে একটি গোল ছিদ্রযুক্ত খণ্ডকে 'সেকশন' করা অবস্থায় দেখান হইয়াছে।

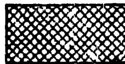


'সেকশন' করা সম্বন্ধে বিভিন্ন ধাতুর জন্য বিভিন্ন রকম লাইন নির্দ্দিষ্ট করা আছে। এইজন্য কোন ড্রয়িং-এ ধাতুর রকম সম্বন্ধে বিশেষভাবে কিছু লেখা না থাকিলেও লাইনের রকম দেখিয়া উহা বুঝিতে পারা যায়। পার্শ্বে, যথাক্রমে কাষ্ট আয়রণ, রট আয়রণ, অথবা ষ্টীল, ব্রাস (পিতল) এবং লেড (সীসা) ধাতুকে দেখানর জন্য লাইনের নমুনা দেওয়া হইল।

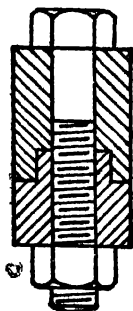

কাস্ট আয়রন

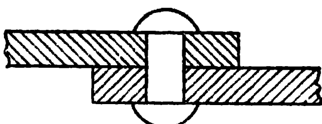

রট আয়রন অথবা ষ্টীল


ব্রাস

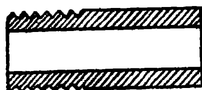

লেড্

দুইটি অংশ যুক্ত থাকা অবস্থায় 'সেকশন' করিলে দুইটি অংশের অস্তিত্বকে নির্দ্দিষ্টভাবে বুঝাইবার জন্য বিপরীত দিকে নত 45° লাইন টানিতে হয়। ইহা ভিন্ন যেখানে 'সেকশন' করা হইতেছে ঐখানে যদি শাফ্‌ট, বোণ্ট, নাট, স্ক্রু, রিভেট, কী, কটার, ইত্যাদি থাকে এবং এই সকলের অক্ষ (axis) যদি যে লাইন সূত্রে 'সেকশন' করা হইতেছে উহার উপরে পড়ে কিংবা সমান্তরাল হয় তাহা হইলে উহাকে খণ্ডিতভাবে না দেখাইয়া উপরের মত পূর্ণ অবস্থাতেই দেখান নিয়ম।

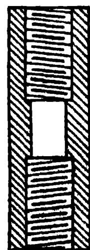




স্ক্রু-থ্রেডযুক্ত পাইপকে 'সেকশন' করিলে থ্রেডগুলি 'ভী' আকারের দেখা যায় বলিয়া উহাকে বামপার্শ্বের ছবির মত দেখান নিয়ম।



ভিতরে স্ক্রু-থ্রেড আছে এমন কোন ছিদ্রযুক্ত অংশকে 'সেকশন' করিলে 'এলিভেশন'এ ঐ থ্রেডের লাইন 'রাইট হ্যাণ্ড' রকমের বেলায় ডানদিকে নত এবং 'লেফ্‌ট হ্যাণ্ড' রকমের বেলায় বামদিকে নত দেখাইতে হয়। ডানপার্শ্বে একটি 'কাপলার'



(Coupler)-কে সেকশন করা অবস্থায় দেখান আছে। অংশটির উপরের দিকে 'রাইট হ্যাণ্ড' থ্রেড এবং নীচের দিকে 'লেফ্‌ট হ্যাণ্ড' থ্রেড বর্ত্তমান।

স্কেল (**Scale**)—ড্রয়িং করার সময় দেখা যায় যে, জিনিষটি যত বড় কাগজে প্রায়ই তত বড় করিয়া আঁকার স্থান পাওয়া যায় না। এই কারণে, অধিকাংশ ড্রয়িং-এ জিনিষটিকে একটি নির্দ্দিষ্ট অনুপাতে কমাইয়া লইয়া ছোট করিয়া আঁকার প্রয়োজন হয়। কোন কোন ক্ষেত্রে আবার ক্ষুদ্র জটিল জিনিষকে ভালভাবে বুঝাইবার জন্য দ্বিগুণ বা তিনগুণ বড় করিয়াও আঁকার প্রয়োজন হয়। জিনিষটির প্রকৃত মাপের তুলনায় ড্রয়িং-এ এই যে ছোট বা বড় করিয়া আঁকা হয় মূলের তুলনায় উহার অনুপাতকে 'স্কেল' (Scale) বলে। এই 'স্কেল' প্রত্যেক ড্রয়িং-এ লিখিয়া দেওয়া নিয়ম। যেমন—অর্দ্ধ অনুপাতে ছোট করিয়া আঁকিলে উহাতে 'স্কেল-হাফ্‌ সাইজ' (Scale Half Size), এক চতুর্থাংশ অনুপাতে ছোট করিয়া আঁকিলে 'স্কেল-কোয়ার্টার সাইজ' (Scale Quarter Size), দ্বিগুণ বড় করিয়া আঁকিলে 'স্কেল-ডবল ফুল সাইজ' (Scale Double Full Size), ইত্যাদি লিখিতে হয়।

ড্রয়িং-এ ব্যবহৃত কয়েকটি সংক্ষিপ্ত পদাংশ (Abbreviations)—

ধাতু-সংক্রান্ত

এলুমিনিয়াম (Aluminium)	Al.
ব্রাস (Brass)	Br.
ব্রঞ্জ (Bronze)	Bz.
কাষ্ট আয়রণ (Cast Iron)	C. I.
কপার (Copper)	Cpr.
কাষ্ট ষ্টীল (Cast Steel)	C. S.
গান মেটাল (Gun Metal)	G. M.
হাই-স্পীড ষ্টীল (High Speed Steel)	H. S. S.

লেড (Lead)	Ld.
মাইল্ড ষ্টীল (Mild Steel)	M. S.
রট আয়রণ (Wrought Iron)	W. I.
টুল ষ্টীল (Tool Steel)	T. S.
জিঙ্ক (Zinc)	Zn.

সাধারণ

এপ্রুভ্ড (Approved)	Appvd.
ব্রিটিশ ষ্ট্যাণ্ডার্ড ফাইন (British Standard Fine)	B. S. F.
ব্রিটিশ ষ্ট্যাণ্ডার্ড পাইপ (British Standard Pipe)	B. S. P.
ব্রিটিশ ষ্ট্যাণ্ডার্ড হুইটওয়ার্থ (British Standard Whitworth)	B. L. W.
কেস হার্ডেন্ড (Case Hardened)	C. H.
সেন্টিমিটার (Centimetre)	Cm.
সেণ্টার লাইন (Centre Line)	C. L.
শ্যামফার্ড (Chamfered)	Chamf.
চেক্ড (Checked)	Ckd.
চীজ হেড (Cheese Head)	Ch. Hd.
কাউণ্টার সাঙ্ক (Counter Sunk)	Csk.
কাউণ্টার বোর (Counter Bore)	Cbr.
কিউবিক (Cubic)	Cu.
ডায়মেটার (Diameter)	D বা DIA.
ড্রয়িং (Drawing)	Drg.
ড্রাইভিং ফিট (Driving Fit)	D. F.
ফিনিশ (Finish)	f.
ফিনিশ অল্ ওভার (Finish All Over)	F. A. O.
ফুট বা ফীট (Foot or Feet)	Ft.
গ্যালভানাইজ্ড (Galvanised)	Galv.

গ্রাউণ্ড (Ground)	G বা Gr.
হেক্সাগন (Hexagon)	Hex.
হেড (Head)	Hd.
ইঞ্চ (Inch)	In.
ইনসাইড ডায়মেটার (Inside Diameter)	I. D.
লেফ্‌ট হ্যাণ্ড (Left Hand)	L. H.
মেশিন (Machine)	M/C.
মেশিনারী (Machinery)	M/Cy.
মেটিরিয়াল (Material)	Mtl.
ম্যাক্সিমাম (Maximum)	Max.
মিনিমাম (Minimum)	Min.
মিলিমিটার (Millimetre)	Mm.
নট্ টু স্কেল (Not To Scale)	N. T. S.
আউট সাইড ডায়মেটার (Outside Diameter)	O. D.
রাইট হ্যাণ্ড (Right Hand)	R. H.
রাণিং ফিট (Running Fit)	R. F.
স্পট ফেসেড্ (Spot Faced)	Sp. F.
স্কোয়ার (Square)	Sq.
ষ্ট্যাণ্ডার্ড (Standard)	Std.
ষ্ট্যাণ্ডার্ড ওয়ার গেজ (Standard Wire Gauge)	S. W. G.
থ্রেড (Thread)	Thd.
থ্রেডস্ পার ইঞ্চ (Threads Per Inch)	T. P. I.
ট্রেস্‌ড (Traced)	Tcd.
ওয়েট (Weight)	Wt.

জ্যামিতিক মাপের সারাংশ

ত্রিভুজ (Triangle)—

তিনটি কোণ একত্র = 180°

সমবাহু ত্রিভুজের (equilateral triangle) প্রতিটি কোণ = 60°

সমকোণী ত্রিভুজের (right angled triangle) অতিভুজ (hypotenuse)-এর মাপ = $\sqrt{(\text{ভূমির মাপ})^2 + (\text{লম্বের মাপ})^2}$

বর্গক্ষেত্র (Square) এবং আয়তক্ষেত্র (Rectangle)—

প্রত্যেকটি কোণ = 90°

আয়তক্ষেত্রের কর্ণ (diagonal) = $\sqrt{(\text{একটি বাহু})^2 + (\text{অপর বাহু})^2}$

বর্গক্ষেত্রের কর্ণ (diagonal) = 1·414 × বাহুর মাপ।

বর্গক্ষেত্রের বাহুগুলিকে স্পর্শ করাইয়া বৃত্ত আঁকার ব্যাসার্দ্ধ
= 1·707 × বর্গক্ষেত্রের বাহুর মাপ।

বর্গক্ষেত্রের বাহুগুলিকে স্পর্শ করাইয়া বৃত্ত আঁকার ব্যাসার্দ্ধ
= $\frac{1}{2}$ × বর্গক্ষেত্রের বাহুর মাপ।

বৃত্ত (Circle)—

ব্যাসার্দ্ধ (radius) = $\frac{\text{ব্যাস (diameter)}}{2}$

ষড়ভুজ (Haxagon)—

ষড়ভুজের প্রতিটি কোণ = 120°

ষড়ভুজের প্রতিটি বাহু = $\frac{1}{2}$ × দুইটি বিপরীত কোণেব দূবত্ব।
= 0 577 × দুইটি বিপরীত বাহুর দূবত্ব।

দুইটি বিপরীত কোণের দূরত্ব (distance across corners)
= 2 × বাহুর মাপ।
= 1·155 × দুইটি বিপরীত বাহুর দূরত্ব।

দুইটি বিপরীত বাহুব দূরত্ব (distance across flat sides)
= 1·732 × বাহুর মাপ।
= 0·866 × দুইটি বিপরীত কোণের দূরত্ব।

কোণগুলিকে স্পর্শ করাইয়া ষড়ভুজের (hexagon) বাহিরের দিকে বৃত্ত (circle) আঁকার ব্যাসার্দ্ধ (radius)

=0·577 × দুইটি বিপরীত বাহুর দূরত্ব।

=বাহুর মাপ।

ষড়ভুজের কোণগুলি বৃত্তের পরিধিকে (circumference) স্পর্শ করিবে এই রকম একটি ষড়ভুজের বাহু=বৃত্তের ব্যাসার্দ্ধ।

ষড়ভুজের বাহুগুলি বৃত্তের পরিধিকে স্পর্শ করিবে এই রকম একটি ষড়ভুজের বাহু=1·155 × বৃত্তের ব্যাসার্দ্ধ।

অষ্টভুজ (Octagon)—

অষ্টভুজের প্রতিটি কোণ=135°

অষ্টভুজের প্রতিটি বাহু=0·382 × দুইটি বিপরীত কোণের দূরত্ব।

=0·414 × দুইটি বিপরীত বাহুর দূরত্ব।

দুইটি বিপরীত কোণের দূরত্ব (distance across corners)

=2·613 × বাহুর মাপ।

=1·082 × দুইটি বিপরীত বাহুর দূরত্ব।

দুইটি বিপরীত বাহুর দূরত্ব (distance across flat sides)

=2·414 × বাহুর মাপ।

=0·924 × দুইটি বিপরীত কোণের দূরত্ব।

কোণগুলিকে স্পর্শ করাইয়া অষ্টভুজের বাহিরের দিকে বৃত্ত আঁকার ব্যাসার্দ্ধ =0·541 × দুইটি বিপরীত বাহুর দূরত্ব।

=1·306 × বাহুর মাপ।

বাহুগুলিকে স্পর্শ করাইয়া অষ্টভুজের ভিতরের দিকে বৃত্ত আঁকার ব্যাসার্দ্ধ =1·207 × বাহুর মাপ।

=$\frac{1}{2}$ × দুইটি বিপরীত বাহুর দূরত্ব।

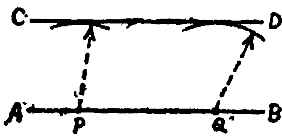
=0·462 × দুইটি বিপরীত কোণের দূরত্ব।

জ্যামিতিক অঙ্কন

(১) একটি লাইনের সহিত অপর একটি লাইনকে নির্দিষ্ট দূরত্ব এবং সমান্তরাল (Parallel) করিয়া টানা—

মনে কর, AB একটি লাইন আছে। ইহা হইতে $\frac{3}{4}$ ইঞ্চ দূরে অপর একটি লাইনকে সমান্তরাল করিয়া টানিতে হইবে।

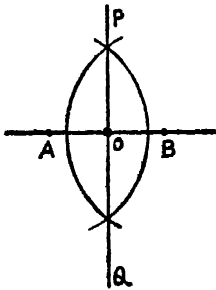
প্রথমে AB-র উপরে যে কোন স্থানে P এবং Q দুইটি বিন্দু লও। এখন, যথাক্রমে এই P এবং Q-কে সেণ্টার (centre) বা কেন্দ্ররূপে এবং ঐ $\frac{3}{4}$ ইঞ্চ মাপকে রেডিয়াস (radius) বা ব্যাসার্দ্ধ লইয়া দুইটি আর্ক (arc) বা চাপ আঁক। এইবার এই আর্ক দুইটিকে স্পর্শ করাইয়া CD লাইন টান। ইহাই উদ্দিষ্ট সমান্তরাল লাইন।



(২) লাইনকে সমান দুইভাগে ভাগ (Bisect) করা—

মনে কর, AB একটি লাইনের অংশ। এই AB-কে সমান দুইভাগে ভাগ করিতে হইবে।

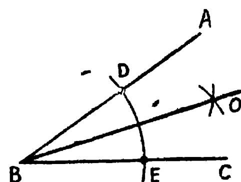
প্রথমে যথাক্রমে A এবং B বিন্দুকে সেণ্টার এবং AB মাপের অর্দ্ধ অপেক্ষা বেশী যে কোন মাপকে রেডিয়াস বা ব্যাসার্দ্ধ লইয়া দুইটি আর্ক বা চাপ আঁক। এই আর্ক দুইটি পরস্পরকে P এবং Q বিন্দুতে ছেদ করুক। এখন, P এবং Q-র মধ্য দিয়া লাইন টান। এই লাইন AB-কে O বিন্দুতে ছেদ করুক। এই O বিন্দুই AB-কে সমান দুইভাগে ভাগ করে। ফলে, OA = OB হইল।



(৩) কোণ (**Angle**)-কে সমান দুইভাগে ভাগ (**Bisect**) করা—

মনে কর, ABC একটি কোণ। ইহাকে সমান দুইভাগে ভাগ করিতে হইবে।

প্রথমে B-কে সেণ্টার এবং যে কোন মাপকে রেডিয়াস লইয়া একটি আর্ক আঁক। এই আর্ক AB, BC বাহু দুইটিকে D এবং E বিন্দুতে ছেদ করুক। এখন, যথাক্রমে D এবং E বিন্দুকে সেণ্টার এবং DE-র অর্দ্ধ অপেক্ষা বড় যে কোন মাপকে রেডিয়াস লইয়া দুইটি আর্ক আঁক।

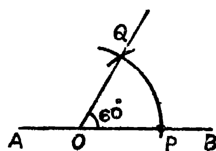


এই আর্ক দুইটি পরস্পরকে O বিন্দুতে ছেদ করুক। এইবার, O এবং B কে যোগ করিয়া লাইন টান। ফলে, OB, ABC কোণকে সমান দুইভাগে ভাগ করে। অর্থাৎ, ABO কোণ, OBC কোণের সহিত সমান।

(৪) কোন লাইনের উপর নির্দিষ্ট বিন্দুতে 60° মাপের কোণ (**Angle**) আঁকা—

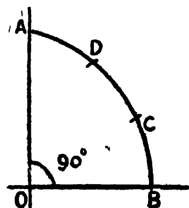
মনে কর, AB একটি লাইন। ইহার O বিন্দুতে একটি 60° কোণ আঁকিতে হইবে।

প্রথমে O বিন্দুকে সেণ্টার এবং যে কোন মাপকে রেডিয়াস লইয়া একটি আর্ক আঁক। এই আর্ক AB লাইনকে P বিন্দুতে ছেদ করুক। এখন এই P-কে সেণ্টার এবং পূর্ব্বের মাপকেই রেডিয়াস লইয়া আর একটি আর্ক আঁক। ইহা পূর্ব্বের আর্কটিকে Q বিন্দুতে ছেদ করুক। এইবার, Q এবং O কে যোগ করিয়া লাইন টান। ফলে, QOP যে কোণটি উৎপন্ন হইল উহাই উদ্দিষ্ট 60° মাপের কোণ।



(৫) সমকোণের (**Right angle**) অন্তর্বর্ত্তী চাপ (**Arc**)-কে সমান তিন ভাগে ভাগ করা—

মনে কর, AOB একটি সমকোণ এবং O-কে সেণ্টার বা কেন্দ্ররূপে এবং OA-কে রেডিয়াস বা ব্যাসার্দ্ধ লইয়া AB আর্ক (বা চাপ) আঁকা হইয়াছে। এই AB আর্কটিকে সমান তিন ভাগে ভাগ করিতে হইবে।

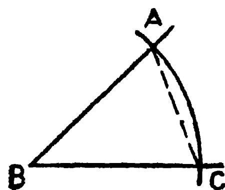


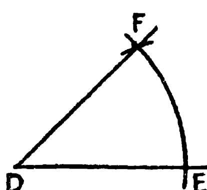
প্রথমে A-কে সেণ্টার এবং OA-কে রেডিয়াস লইয়া একটি আর্ক আঁক। পরে, B-কে সেণ্টার এবং ঐ OA-কেই রেডিয়াস লইয়া আর একটি আর্ক আঁক। এই আর্ক দুইটি পূর্ব্বে আঁকা AB আর্কটিকে যথাক্রমে C এবং D বিন্দুতে ছেদ করুক। ফলে AD=DC=CB হয়। অর্থাৎ, প্রদত্ত আর্কটি সমান তিন ভাগে বিভক্ত হইল।

(৬) একটি কোণের সমান করিয়া অন্যত্র কোণ আঁকা—

মনে কর, ABC একটি কোণ দেওয়া আছে। ইহার মাপ জানা নাই। অথচ, ইহার সমান মাপের একটি কোণ পার্শ্বে আঁকিতে হইবে।

প্রথমে প্রদত্ত কোণ ABC-র Bকে সেণ্টার এবং যে কোন মাপকে রেডিয়াস লইয়া ABC কোণের উপর একটি আর্ক আঁক। এই আর্ক কোণের বাহু দুইটিকে যথাক্রমে A এবং C বিন্দুতে ছেদ করুক।





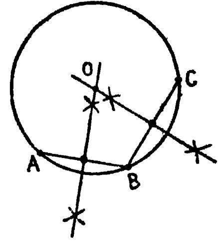
এখন, এই A এবং C-কে যোগ করিয়া লাইন টান।

এইবার, পার্শ্বে DE একটি লাইন টান। এখন, এই D-কে সেণ্টার এবং পূর্ব্বের রেডিয়াস মাপকেই (অর্থাৎ, BA বা BC-কে) রেডিয়াস লইয়া একটি আর্ক আঁক। এই আর্ক DE লাইনকে E বিন্দুতে ছেদ করুক। এইবার E-কে সেণ্টার এবং AC মাপকে রেডিয়াস লইয়া

আর একটি আর্ক আঁক। এই আর্ক পূর্ব্বের আর্কটিকে F বিন্দুতে ছেদ করুক। এখন, D এবং F-কে যোগ করিয়া লাইন টান। ফলে, FDE যে কোণটি উৎপন্ন হইল উহাই উদ্দিষ্ট কোণ। ইহা প্রদত্ত ABC কোণের সমান।

(৭) 'সার্কেল' (Circle) বা 'আর্ক' (Arc)-এর সেণ্টার বাহির করা—

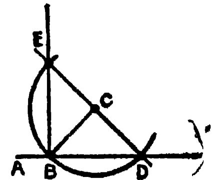
যে সার্কেল বা আর্কের সেণ্টার বাহির করিতে হইবে (এইক্ষেত্রে একটি সার্কেল সম্পর্কে দেখান হইতেছে) উহাব যে কোন স্থানে তিনটি বিন্দু লও। মনে কর, ইহা A, B এবং C। সোজা লাইন দ্বারা A, B এবং B, C-কে যোগ কর।



এইবার, এই AB এবং BC লাইন দুইটিকে পূর্ব্বোক্ত (২) নং নিয়মে সমান দুইভাগে ভাগ করিয়া লাইন টান। এই সমান দুইভাগে ভাগকারী লাইন দুইটি পরস্পরকে যে বিন্দুতে ছেদ করে মনে কর, উহা O। এই O-ই সার্কেলটির উদ্দিষ্ট সেণ্টাব।

(৮) কোন লাইনের উপর নির্দ্দিষ্ট বিন্দুতে লম্ব বা পারপেণ্ডিকুলার (Perpendicular) টানা –

মনে কর, AD একটি লাইন আছে। ইহার B বিন্দুতে একটি লম্ব বা 'পারপেণ্ডিকুলাব' টানিতে হইবে।



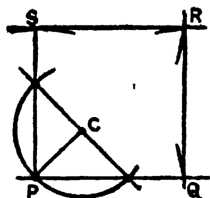
প্রথমে লাইনটির বাহিরে যে কোন স্থানে একটি বিন্দু লও। মনে কর, ইহা C। এই C এবং B-কে যোগ করিয়া লাইন টান। এখন, C-কে সেণ্টার এবং CB মাপকে রেডিয়াস লইয়া একটি আর্ক আঁক। এই আর্ক AD লাইনকে D বিন্দুতে ছেদ করুক। এইবার, D এবং C-কে যোগ করিয়া লাইন টান এবং এই

লাইনটিকে এমন প্রসারিত কর যাহাতে উহা পূর্ব্বোক্ত আর্কটিকে E বিন্দুতে ছেদ করে। পরে, E এবং B-কে যোগ করিয়া লাইন টান। এই EB-লাইনই B বিন্দুতে উদ্দিষ্ট লম্ব বা 'পারপেণ্ডিকুলার'।

(৯) কোন নির্দিষ্ট মাপের বাহুযুক্ত বর্গক্ষেত্র বা স্কোয়ার (Square) আঁকা—

মনে কর, এমন একটি বর্গক্ষেত্র বা স্কোয়ার আঁকিতে হইবে যাহার প্রতিটি বাহু 2 ইঞ্চ মাপের।

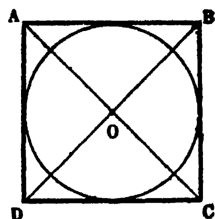
প্রথমে, একটি লাইন টানিয়া উহার উপর একটি বিন্দু লও। মনে কর, ইহা P। এখন, পূর্ব্ব বর্ণিত (৮) নং নিয়ম অনুযায়ী এই P বিন্দুতে একটি লম্ব (Perpendicular) টান। এইবার, P-কে সেণ্টার এবং বাহুর মাপকে (এইক্ষেত্রে 2 ইঞ্চকে) রেডিয়াস লইয়া দুইটি আর্ক আঁক। ইহা প্রথমে টানা লাইনকে এবং লম্বকে যথাক্রমে Q এবং S বিন্দুতে ছেদ করুক। এখন, যথাক্রমে Q এবং S বিন্দুকে সেণ্টার এবং পূর্ব্বোক্ত রেডিয়াস মাপকেই রেডিয়াস লইয়া আরও দুইটি আর্ক আঁক। এই আর্ক দুইটি পরস্পরকে R বিন্দুতে ছেদ করুক। সোজা লাইন দ্বারা S, R এবং R, Q-কে যোগ কর। ফলে, PQRS যে ক্ষেত্রটি উৎপন্ন হইল উহাই উদ্দিষ্ট বর্গক্ষেত্র বা 'স্কোয়ার'।



(১০) স্কোয়ার (Square) বা বর্গক্ষেত্রের বাহুগুলিকে স্পর্শ করাইয়া ভিতরের দিকে সার্কেল আঁকা—

মনে কর, ABCD একটি 2 ইঞ্চ মাপের স্কোয়ার বা বর্গক্ষেত্র। ইহার AB, BC, CD এবং DA বাহু কয়টিকে স্পর্শ করাইয়া সার্কেল আঁকিতে হইবে।

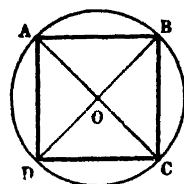
প্রথমে A, C এবং B, D-কে যোগ করিয়া দুইটি ডায়গোনাল বা কর্ণ টান। ইহারা পরস্পরকে O বিন্দুতে ছেদ করুক। এই O-ই সার্কেলটির সেণ্টার। এখন, স্কোয়ারের বাহু মাপের অর্দ্ধ এইক্ষেত্রে (2 ইঞ্চ ÷ 2 = 1 ইঞ্চ) এক ইঞ্চ মাপকে রেডিয়াস বা ব্যাসার্দ্ধ লইয়া এবং পূর্ব্বোক্ত O-কে সেণ্টাররূপে সার্কেল আঁক। এই সার্কেল প্রতিটি বাহুকে স্পর্শ করিবে। সুতরাং, ইহাই উদ্দিষ্ট সার্কেল।



(১১) স্কোয়ারের (**Square**) বা বর্গক্ষেত্রের প্রতিটি কোণ-বিন্দুকে স্পর্শ করাইয়া বাহিরের দিকে সার্কেল আঁকা—

মনে কর, ABCD একটি স্কোয়ার বা বর্গক্ষেত্র। ইহার A, B, C এবং D কোণকে স্পর্শ করাইয়া সার্কেল আঁকিতে হইবে।

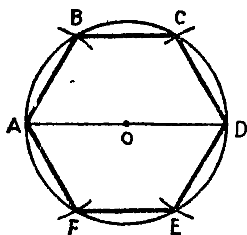
প্রথমে, সোজা লাইন দ্বারা A, C এবং B, D বিন্দুকে যোগ কর। এই AC এবং BD লাইন দুইটি স্কোয়ারের ডায়গোনাল (diagonal) বা কর্ণ। এই ডায়গোনাল দুইটি যে বিন্দুতে পরস্পরকে ছেদ করে উহাই সার্কেলের সেণ্টার। মনে কর, ইহা O। এখন, O বিন্দুকে সেণ্টার এবং OA, OB, OC, OD-র যে কোন একটি মাপকে রেডিয়াস লইয়া সার্কেল আঁক। উহাই উদ্দিষ্ট সার্কেল।



(১২) সার্কেলকে স্পর্শ করাইয়া ভিতরের দিকে হেক্সাগন (**Hexagon**) বা ষড়ভুজ আঁকা—

মনে কর, প্রদত্ত সার্কেলটির সেণ্টার O। ইহার 'সারকমফারেন্স' (circumference) বা পরিধিকে স্পর্শ করাইয়া ভিতরের দিকে একটি 'হেক্সাগন' বা ষড়ভুজ আঁকিতে হইবে।

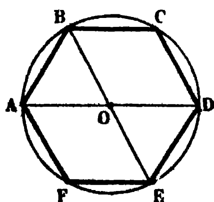
প্রথমে সেণ্টার O-র মধ্য দিয়া পরিধি পর্য্যন্ত একটি লাইন টান। মনে কর, ইহা AD। এই AD লাইন সার্কেলটির ডায়মেটার বা ব্যাস।



এইবার, যথাক্রমে A ও D-কে সেণ্টার এবং OA বা OD-কে রেডিয়াস বা ব্যাসার্দ্ধ লইয়া AD লাইনের উপর এবং নীচের দিকে চারিটি আর্ক আঁক। এই আর্কগুলি সার্কেলকে যথাক্রমে B, F এবং C, E বিন্দুতে ছেদ করুক। এখন, AB, BC, CD, DE, EF এবং FA লাইন টান। ফলে, ABCDEF যে ক্ষেত্রটি উৎপন্ন হইল, উহাই উদ্দিষ্ট হেক্সাগন বা ষড়ভুজ।

(১৩) হেক্সাগন বা ষড়ভুজের প্রতিটি কোণবিন্দুকে স্পর্শ করাইয়া বাহিরের দিকে সার্কেল আঁকা—

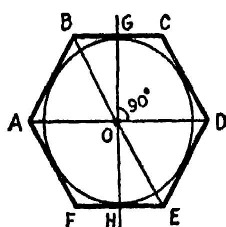
মনে কর, ABCDEF একটি হেক্সাগন বা ষড়ভুজ। ইহার A B, C, D ইত্যাদি প্রতিটি কোণবিন্দুকে স্পর্শ করাইয়া বাহিরের দিকে একটি সার্কেল আঁকিতে হইবে।



প্রথমে, বিপরীত কোণবিন্দু A, D এবং B, E (বা C, F)-কে যোগ করিয়া লাইন টান। এই লাইন দুইটি পরস্পরকে O বিন্দুতে ছেদ করুক। এই O ই উদ্দিষ্ট সার্কেলের সেণ্টার। এখন, O কে সেণ্টার এবং OA, OB, OC ইত্যাদি যে কোন মাপকে রেডিয়াস বা ব্যাসার্দ্ধ লইয়া একটি সার্কেল আঁক। এই সার্কেল প্রতিটি কোণবিন্দুকে স্পর্শ করিবে। সুতরাং, ইহাই উদ্দিষ্ট সার্কেল।

(১৪) হেক্সাগন বা ষড়ভুজের ভিতরে উহার প্রতিটি বাহুকে স্পর্শ করাইয়া ভিতরের দিকে সার্কেল আঁকা—

মনে কর, ABCDEF একটি হেক্সাগন বা ষড়ভুজ। ইহার AB, BC, CD ইত্যাদি প্রতিটি বাহুকে স্পর্শ করাইয়া ভিতরের দিকে একটি সার্কেল আঁকিতে হইবে।



প্রথমে, বিপরীত কোণবিন্দু A, D এবং B, E (বা C, F) কে যোগ করিয়া লাইন (diagonal) টান। এই লাইন দুইটি পরস্পরকে O বিন্দুতে ছেদ করুক। এই O-ই উদ্দিষ্ট সার্কেলের সেণ্টার। এখন, O-র মধ্য দিয়া এমন একটি লাইন টান যাহা AD-র উপর লম্ব বা পারপেণ্ডিকুলার হয়। এই লম্ব, BC এবং EF বাহুকে G এবং H বিন্দুতে ছেদ করুক।

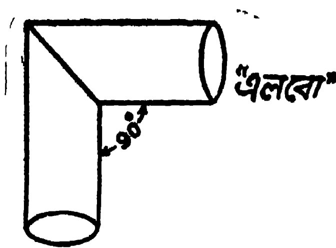
এইবার, O-কে সেণ্টাররূপে এবং OG বা OH মাপকে রেডিয়াস বা ব্যাসার্দ্ধ লইয়া একটি সার্কেল আঁক। এই সার্কেল প্রতিটি বাহুকে স্পর্শ করিবে। ইহাই উদ্দিষ্ট সার্কেল।

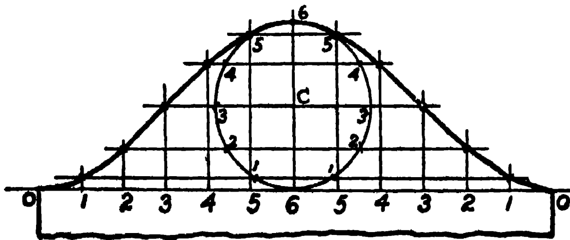
দ্রষ্টব্য—GH লাইন না টানিয়া O-কে সেণ্টার এবং হেক্সাগনের বাহু মাপকে 0·866 দ্বারা গুণ করিলে যত হয় ঐ মাপকে রেডিয়াস লইয়া সার্কেল টানিলেও উপরের মত সার্কেল পাওয়া যাইতে পারে।

প্যাটার্ণ অঙ্কন

(১) গোল পাইপের সমকোণী (**Right angular**) 'এল্‌বো' (**Elbow**)-র জন্য প্যাটার্ণ আঁকা—

প্রথমে, পাইপটির ডায়মেটার বা ব্যাস মাপকে π (অর্থাৎ, $\frac{22}{7}$) দ্বারা গুণ করিয়া উহার পরিধি (circumference) মাপ বাহির কর। এই মাপকে একটি সোজা লাইনের উপব লও। মনে কর, ইহা O O। পরে, এই O-O কে বারটি সমান অংশে ভাগ করিয়া ভাগ বিন্দুগুলিকে যথাক্রমে 1, 2, 3, 4, 5, 6, 5, 4, 3, 2, 1 অঙ্ক দ্বারা চিহ্নিত কর এবং এই অঙ্ক চিহ্নিত বিন্দুগুলির প্রত্যেকটির উপর লম্ব টান। এখন, 6 চিহ্নিত বিন্দু হইতে ইহার উপরস্থ লম্বটির উপরের দিকে পাইপের ডায়মেটার মাপের অর্দ্ধই উচ্চতায় একটি বিন্দু লও। মনে কর, ইহা C। এইবার, এই C-কে সেণ্টাররূপে এবং পাইপের ডায়মেটার মাপেব অর্দ্ধ মাপকে রেডিয়াস বা ব্যাসার্দ্ধ লইয়া একটি সার্কেল





আঁক। এখন, C-এর মধ্য দিয়া O O লাইনের সহিত সমান্তরালরূপে একটি সোজা লাইন টান। এই লাইন এবং পূর্ব্বে টানা 6 চিহ্নিত বিন্দুর উপরস্থ লম্ব এই দুইটি সার্কেলকে যথাক্রমে চারিটি বিন্দুতে ছেদ

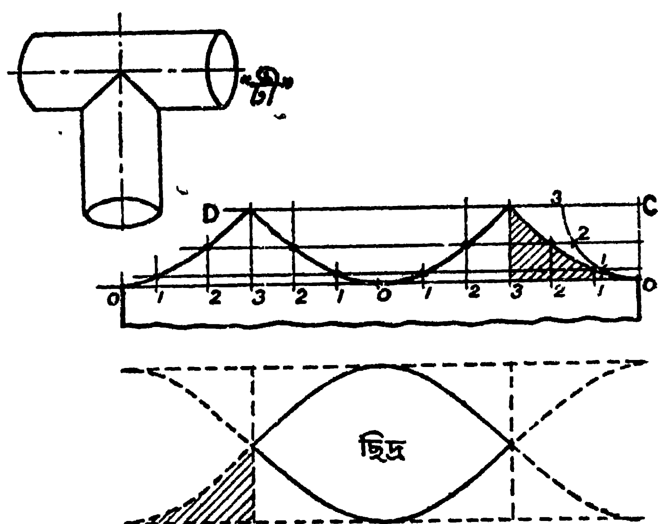
করে। এই বিন্দু কয়টিকে 3, 3 এবং 6, 6 অঙ্ক দ্বারা চিহ্নিত কর। এইবার সার্কেলটির পরিধি (circumference)-কে বারটি সমান ভাগে ভাগ কর। যথাক্রমে 6 এবং 3 চিহ্নিত বিন্দুকে কেন্দ্ররূপে এবং পূর্বোক্ত ব্যাসার্দ্ধ মাপকে ব্যাসার্দ্ধ লইয়া উভয়দিকে আর্ক বা চাপ টানিলেই পরিধি বারটি সমান ভাগে বিভক্ত হইবে। এই আর্কগুলি সার্কেলকে যে যে বিন্দুতে ছেদ করে, উহাদিগকে, 1, 2, 4, 5, 5, 4, 2, 1 অঙ্ক দ্বারা চিহ্নিত কর। এখন, 1-1, 2-2, 4-4, 5-5 বিন্দুগুলিকে যোগ করিয়া লাইন টান। এই লাইনগুলি 0-0-র সহিত সমান্তরাল হইবে। এইবার, প্রতিটি লাইন, একই অঙ্ক চিহ্নিত লম্বকে উভয় দিকে যে যে বিন্দুতে ছেদ করে উহাদিগকে নির্দ্দিষ্ট কর। অবশেষে, 0 হইতে আরম্ভ করিয়া এই নির্দ্দিষ্ট বিন্দুগুলিকে যোগ করিয়া লাইন টান। এই লাইন দ্বারা সীমাবদ্ধ যে ক্ষেত্র উহাই উদ্দিষ্ট 'এলবো'র প্যাটার্ণ।

'এলবো'র দুইটি অংশের মধ্যে কেবল একটির প্যাটার্ণ সম্পর্কে উপরে বর্ণনা করা হইল। ধাতুর একটি শীটকে (sheet) অনুরূপভাবে কাটিয়া সরাইয়া ফেলিলে যে আকার অবশিষ্ট থাকে উহাই অপর অংশের প্যাটার্ণ হয়। উপরোক্ত প্যাটার্ণের উপর দিককে নীচের দিকে রাখিয়া ধার অবলম্বনে লাইন টানিলেও অপর অংশের প্যাটার্ণ পাওয়া যায়।

(২) গোল পাইপের সমকোণী 'টী' (Square Tee)-র জন্য প্যাটার্ণ আঁকা—

প্রথমে পাইপটির ডায়মেটার বা ব্যাস মাপকে π (অর্থাৎ, $\frac{22}{7}$) দ্বারা গুণ করিয়া উহার পরিধি (circumference) মাপ বাহির কর। এই মাপকে একটি সোজা লাইনের উপর আরোপ কর। মনে কর, ইহা 0-0। পরে, এই 0-0-কে বারটি সমান ভাগে ভাগ করিয়া ভাগ বিন্দুগুলিকে যথাক্রমে 1, 2, 3, 2, 1, 0, 1, 2, 3, 2, 1 অঙ্ক দ্বারা চিহ্নিত কর এবং এই অঙ্ক চিহ্নিত প্রত্যেকটি বিন্দুতে উপর দিকে লম্ব টান। এখন, ডান বা বামদিকের 0 বিন্দুতে টানা লম্বের উপর এবং 0 বিন্দু হইতে উপরের দিকে

পাইপের ডায়মেটার মাপের অর্দ্ধকে আরোপ করিয়া C বিন্দু লও। C বিন্দুর মধ্য দিয়া এবং 0-0 র সহিত সমান্তরালরূপে CD লাইন টান। এইবার,



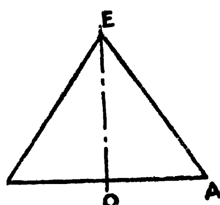
D-কে কেন্দ্র এবং COকে রেডিয়াস বা ব্যাসার্দ্ধ লইয়া, O বিন্দু হইতে CD লাইন পর্য্যন্ত একটি আর্ক আঁক। এই আর্কটিকে সমান তিন ভাগে ভাগ করিয়া ভাগ বিন্দু কয়টিকে 1, 2, 3 অঙ্ক দ্বারা চিহ্নিত কর। এখন, এই 1 এবং 2-র মধ্য দিয়া 0-0-র সহিত সমান্তরালরূপে লাইন টান। আর্কের 1, 2 এবং 3-র মধ্য দিয়া যে যে লাইন টানা হইয়াছে উহাদের প্রত্যেকটি একই অঙ্ক চিহ্নিত লম্বকে যে যে বিন্দুতে ছেদ করে, উহাদিগকে নির্দ্দিষ্ট কর। এখন, O হইতে আরম্ভ করিয়া, ঐ সকল নির্দিষ্ট বিন্দুগুলিকে যোগ করিয়া লাইন টান। এই লাইন দ্বারা সীমাবদ্ধ যে ক্ষেত্র উহাই উদ্দিষ্ট প্যাটার্ণ।

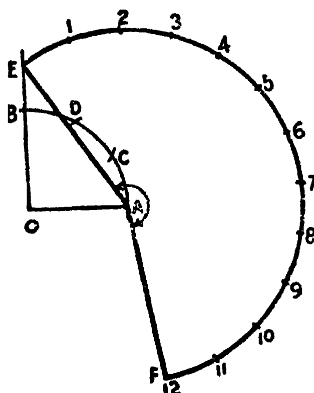
'টী'র অপর অংশ ছিদ্রযুক্ত থাকে। উপরোক্ত প্যাটার্ণের এক-চতুর্থাংশকে, প্রথমে চারিবার ক্রমান্বয়ে রাখিয়া, পরে আবার বিপরীতভাবে

চারিবার রাখিলে মধ্যভাগে ঐ ছিদ্রের প্যাটার্ণ উৎপন্ন হয়। পূর্ব্ব পৃষ্ঠার নীচের ছবিতে ইহা দেখান আছে।

(৩) 'কোন'-আকৃতির (Conical) প্যাটার্ণ আঁকা—

প্রথমে একটি বিন্দুতে (মনে কর, Oতে) এমনভাবে দুইটি লাইন টান যাহাতে উহাদের অন্তর্বর্ত্তী কোণ এক সমকোণ পরিমাণ (right angle)



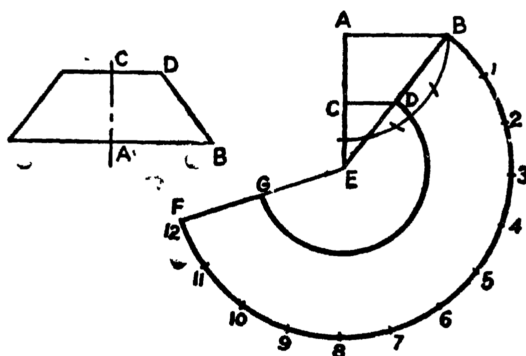


হয়। পরে, এই Oকে সেণ্টার এবং 'কোন' (Cone)-এর ভূমির ডায়মেটার মাপের অর্দ্ধকে রেডিয়াস বা ব্যাসার্দ্ধ লইয়া একটি আর্ক আঁক। এই আর্ক পূর্ব্বোক্ত লাইন দুইটিকে A এবং B বিন্দুতে ছেদ করুক। AB আর্কটিকে সমান তিন ভাগে ভাগ কর এবং ভাগ বিন্দুকে C এবং D দ্বারা চিহ্নিত কর। এখন, O হইতে উপরের দিকে OBর উপর 'কোন'-এর লম্ব উচ্চতা (vertical height) সমান মাপ OE আরোপ কর এবং AE যোগ করিয়া লাইন টান। এইবার, Aকে সেণ্টার এবং AE-কে রেডিয়াস লইয়া একটি বড় আর্ক আঁক। E হইতে আরম্ভ করিয়া এই আর্কটির উপর পূর্ব্বোক্ত AB আর্কটির AC, CD, DB-র যে কোন একটি ভাগের সমান মাপকে বার বার (twelve times) আরোপ কর। ফলে, সর্ব্বশেষ যে বিন্দুটি পাওয়া গেল মনে কর, উহা F। এখন, A,

Fকে যোগ করিয়া লাইন টান। ফলে AEFA যে ক্ষেত্রটি উৎপন্ন হইল, উহাই 'কোন'-এর উদ্দিষ্ট প্যাটার্ণ।

(৪) ছিন্ন শীর্ষ 'কোন' (**Frustum of a Cone**)-এর প্যাটার্ণ আঁকা—

ভূমির সহিত সমান্তরাল (parallel) করিয়া 'কোন' (Cone)-এর মাথার অংশ কাটিয়া ফেলিলে যাহা অবশিষ্ট থাকে, উহাকে 'কোন'-এর



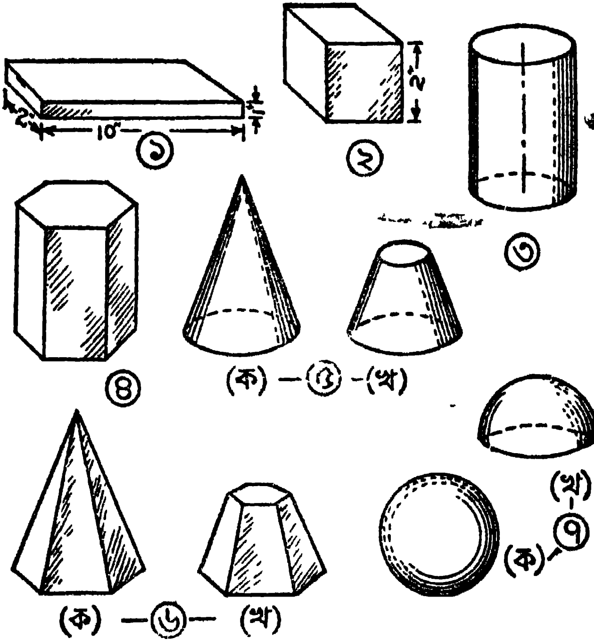
'ফ্রাষ্টাম' (Frustum) বলে। বালতী ইত্যাদি তৈয়ার করার জন্য এই আকারের প্যাটার্ণ ব্যবহার করা হইয়া থাকে।

প্রথমে 'ফ্রাষ্টাম'টির ভূমির ডায়মেটার মাপের অর্দ্ধ সমান একটি লাইন টান। মনে কর, ইহা AB। পরে, A বিন্দুতে, AB-র সহিত এক সমকোণ (right angle) করিয়া নীচের দিকে একটি লাইন টান। এই লাইনের উপর 'ফ্রাষ্টাম'এর লম্ব উচ্চতা (vertical height) সমান মাপ ACকে নির্দ্দিষ্ট কর। এখন C বিন্দুতে AB-র সহিত সমান্তরাল (parallel) করিয়া এবং 'ফ্রাষ্টাম'টির উপর দিকের ডায়মেটার মাপের অর্দ্ধ সমান CD লাইন টান। এইবার, একটি লাইন দ্বারা B এবং Dকে যোগ কর এবং ইহাকে বর্দ্ধিত করাইয়া AC লাইনকে ছেদ করাও। মনে কর, E এই ছেদ-বিন্দু। এইবার, Aকে সেণ্টার এবং AB মাপকে রেডিয়াস বা ব্যাসার্দ্ধ

লইয়া, AE পর্য্যন্ত একটি আর্ক আঁক। এই আর্কটিকে সমান তিন ভাগে ভাগ কর। এখন, Eকে সেণ্টার এবং EBকে রেডিয়াস লইয়া একটি বড় আর্ক আঁক। পূর্ব্বের আর্কটিকে যে তিন ভাগে ভাগ করা হইয়াছে উহার যে কোন একটি ভাগের সমান মাপকে এই বড় আর্কটির উপর বার বার (twelve times) আরোপ কর। ইহাতে সর্ব্বশেষ যে ভাগবিন্দু পাওয়া গেল মনে কর, উহা F। এইবার EFকে যোগ করিয়া লাইন টান। পুনরায় Eকে সেণ্টার এবং EDকে রেডিয়াস লইয়া ED হইতে EF পর্য্যন্ত আর একটি আর্ক আঁক। এই আর্ক EFকে G বিন্দুতে স্পর্শ করুক। ফলে, DBFGD যে ক্ষেত্রটি উৎপন্ন হইল উহাই 'কোন'এর 'ফ্রাষ্টাম' অংশের উদ্দিষ্ট প্যাটার্ণ।

ঘন বস্তুর আকার

ঘন বস্তুর (solid) যে সকল আকার সাধারণতঃ ব্যবহৃত হয় উহাদের ছবি নীচে দেওয়া হইল—



(১) রেক্ট্যাঙ্গুলার (Rectangular)—অর্থাৎ, যাহাব প্রতিটি উপরিভাগ আয়ত আকারের। ইহার মাপ দৈর্ঘ্য, প্রস্থ এবং উচ্চতা দ্বারা বুঝাইতে হয়। যেখানে দৈর্ঘ্য, প্রস্থ এবং উচ্চতা মাপ হইতে অনেক বেশী থাকে সেখানে প্রথমে প্রস্থ, পরে উচ্চতা এবং শেষে দৈর্ঘ্য উল্লেখ করা নিয়ম। যেমন (১) নং ছবিতে দেখান খণ্ডটির মাপ—2" × 1" × 10"।

(২) কিউব (Cube)—অর্থাৎ, যাহার প্রতিটি উপরিভাগ বর্গক্ষেত্র আকারের এবং দৈর্ঘ্য, প্রস্থ এবং উচ্চতা সমান। ইহার মাপ যে কোন একটি বাহুর মাপ দ্বারা বুঝাইতে হয়। যেমন (২) নং ছবিতে দেখান খণ্ডটির মাপ—2" কিউব (Cube)।

(৩) **সিলিণ্ডার (Cylinder)**—অর্থাৎ, যাহার দুইটি প্রান্ত একই মাপের গোল এবং সমতল। ইহার মাপ প্রকাশ করিতে হইলে, প্রথমে যে কোন একটি প্রান্তের ডায়মেটার এবং পরে উচ্চতা লিখিতে হয়। যেমন—2″ D×8″।

(৪) **হেক্সাগনাল প্রিসম্ (Hexagonal Prism)**—অর্থাৎ, যাহার দুইটি প্রান্ত ষড়ভুজ আকারের এবং সমতল। ইহাব মাপ প্রকাশ করিতে হইলে, প্রথমে যে কোন একটি বাহুর মাপ এবং পরে উচ্চতা মাপ লিখিতে হয়। যেমন—1″ Hex.×7″।

(৫) **কোন (Cone)**—অর্থাৎ, যাহার ভূমি বা পাদদেশ গোল এবং উপরদিক ক্রমশঃ সরু হইয়া একটি বিন্দুতে পরিণত [ছবিতে—(ক)]। ইহার মাথার দিককে ভূমির সহিত সমান্তর করিয়া কাটিয়া ফেলিলে যাহা অবশিষ্ট থাকে উহাকে 'কোন' (Cone)-এর 'ফ্রাষ্টাম' (Frustum) বলে [ছবিতে—(খ)]।

ভূমির ডায়মেটাব এবং লম্ব উচ্চতা (vertical height) দ্বারা 'কোন'এর মাপ বুঝান হয়। যেমন—2″D×8″। 'ফ্রাষ্টাম'এর মাপ প্রকাশ করিতে হইলে উহাব উপর এবং নীচের দিকের ডায়মেটার এবং উচ্চতা লিখিতে হয়।

(৬) **পিরামিড (Pyramid)**—অর্থাৎ, যাহার ভূমি বা পাদদেশ গোল না হইয়া ত্রিভুজ, চতুর্ভুজ, ষড়ভুজ, ইত্যাদি আকারের এবং মাথার দিক ক্রমশঃ সরু হইয়া একটি বিন্দুতে পরিণত [ছবিতে (ক)]। 'কোন' (Cone)-এর মত ইহারও মাথার দিককে কাটিয়া ফেলিলে যাহা অবশিষ্ট থাকে তাহাকে উহার 'ফ্রাষ্টাম' (Frustum) বলে।

পাদদেশের বাহুর মাপ এবং উচ্চতা দ্বারা 'পিরামিড'এর মাপ প্রকাশ করা হয়।

(৭) **'স্ফীয়ার' (Sphere)**—অর্থাৎ, যাহা বলের মত গোল [ছবিতে —(ক)]। কেবল ডায়মেটার দ্বারা ইহার মাপ প্রকাশ করা হয়। 'স্ফীয়ার'এর অর্দ্ধেকে 'হেমি-স্ফীয়ার' (Hemi-sphere) বলে [ছবিতে—(খ)]।

ধাতুখণ্ডের ঘনফল বা আয়তন (Volume).

যাহার ঘনফল বাহির করিতে হইবে উহার নীচ হইতে উপর পর্য্যন্ত যদি একই রকম আকার এবং মাপের হয়, তাহা হইলে, প্রথমে উহার ভূমির (base) ক্ষেত্রফল নিম্নলিখিত নিয়মে বাহির করিয়া লইয়া উহাকে উচ্চতা মাপ দিয়া গুণন করিতে হয়। এই সম্পর্কে মনে রাখা উচিত যে, ক্ষেত্রফল যদি 'বর্গইঞ্চ' (Square Inch)-এ বাহির করা হয় তাহা হইলে উচ্চতা মাপকেও ইঞ্চে লইতে হইবে এবং ইহাতে ঘনফল 'কিউবিক ইঞ্চ' (Cubic Inch)-এ বাহির হইবে। আর, ক্ষেত্রফল যদি 'বর্গফুট' (Square Foot)-এ বাহির করা হয় তাহা হইলে উচ্চতা মাপকেও ফুটে লইতে হইবে এবং ইহাতে ঘনফল 'কিউবিক ফুট' (Cubic Foot)-এ বাহির হইবে।

1728 ঘন ইঞ্চ (Cubic Inch) = 1 ঘন ফুট (Cubic Foot)

27 ঘন ফুট (Cubic Foot) = 1 ঘন গজ (Cubic Yard)

বিভিন্ন আকারের ক্ষেত্রফল (Area) হিসাব

আয়তক্ষেত্রের (Rectangle) ক্ষেত্রফল = দৈর্ঘ্য × প্রস্থ।

বর্গক্ষেত্রের (Square) ক্ষেত্রফল = (দৈর্ঘ্য)^2 অথবা (প্রস্থ)^2

= (বাহুর মাপ)^2

ত্রিভুজের (Triangle) ক্ষেত্রফল = $\frac{1}{2}$ × ভূমির মাপ × উচ্চতা।

ষড়ভুজের (Hexagon) ক্ষেত্রফল

= 2·598 × (বাহুর মাপ)^2

= 0·866 × (দুইটি বিপরীত বাহুর দূরত্ব মাপ)^2

অষ্টভুজের (Octagon) ক্ষেত্রফল

= 4·828 × (বাহুর মাপ)^2

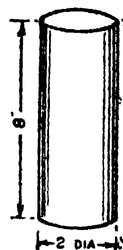
= 0·8285 × (দুইটি বিপরীত বাহুর দূরত্ব মাপ)^2

বৃত্তের (Circle) ক্ষেত্রফল = $\frac{\pi}{4}$ × (ব্যাস মাপ)^2 [$\pi = \frac{22}{7}$]

= π × (ব্যাসার্দ্ধ মাপ)^2

উদাহরণ—পার্শ্বের ছবিতে দেখান ধাতুখণ্ডটির প্রান্ত গোল। ইহার ঘনফল বাহির কর।

যেহেতু খণ্ডটির ভূমি অর্থাৎ প্রান্ত গোল, সুতরাং ইহার ক্ষেত্রফল



$= \frac{\pi}{4} \times$ (ব্যাস মাপ)^2

$= \frac{22}{7 \times 4} \times 2^2$ বর্গইঞ্চ

$= 3.1416$ বর্গইঞ্চ।

অতএব, নির্ণেয় ঘনফল = ক্ষেত্রফল × উচ্চতা

$= 3.1416 \times 8$ ঘনইঞ্চ

$= 25.13$ ঘনইঞ্চ (Cu. In.) উত্তর।

ধাতুখণ্ডের ওজন (Weight)

ধাতুখণ্ডের ওজন বাহির করিতে হইলে প্রথমে খণ্ডটির ঘনফল বা আয়তন (Volume) ঘন ইঞ্চে (Cubic Inch) বাহির করিতে হয়। পরে, ঐ ঘন ইঞ্চকে ধাতুর প্রতি ঘন ইঞ্চের ওজনের হার দ্বারা গুণন করিলেই উহার ওজন বাহির হয়।

অর্থাৎ, ওজন = ঘন ফল × ওজন হার।

বিভিন্ন ধাতুর ওজন হার বিভিন্ন। কোন ধাতুর প্রতি ঘনইঞ্চে কত ওজন তাহার একটি তালিকা নীচে দেওয়া হইল—

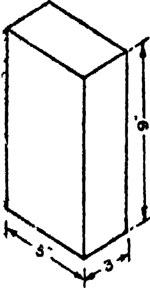
বিভিন্ন ধাতুর প্রতি ঘন ইঞ্চের (Cubic Inch) ওজন (পাউণ্ডে)—

এলুমিনিয়াম—0·092	রট আয়রণ—0·278
জিঙ্ক (দস্তা)—0·26	ষ্টীল—0·283
কাষ্ট আয়রণ—0·261	ব্রাস (পিতল)—0·305
টিন—0·268	গানমেটাল—0·31

কপার (তাম্র)—0·32 লেড (সীসা)—0·41

সিলভার—0·38 প্ল্যাটিনাম—0·81

উদাহরণ (ক) পার্শ্বের ছবিতে দেখান খণ্ডটির ওজন বাহির কর। ইহা কাষ্ট আয়রণ দ্বারা তৈয়ারী।



যেহেতু, ইহা আয়তাকার সুতরাং, খণ্ডটির ঘনফল

$= 5'' \times 9'' \times 3''$

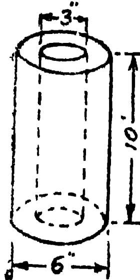
$= 135$ ঘনইঞ্চ।

উপরের তালিকা হইতে জানা যায় যে, প্রতি ঘনইঞ্চ কাষ্ট আয়রণের ওজন $= 0·261$ পাউণ্ড

অতএব, নির্ণেয় ওজন $= 135 \times 0·261$ পাউণ্ড

$= 35·235$ পাউণ্ড, উত্তর।

(খ) ছিদ্রযুক্ত পার্শ্বের খণ্ডটি গানমেটাল দ্বারা তৈয়ারী। ইহাব ওজন বাহির কর।



ছিদ্র না থাকিলে, খণ্ডটির ঘনফল $= \frac{\pi}{4} \times 6^2 \times 10$

$= 282·8$ ঘন ইঞ্চ।

খণ্ডটির কেবল ছিদ্র অংশের ঘনফল $= \frac{\pi}{4} \times 3^2 \times 10$

$= 70·7$ ঘন ইঞ্চ।

সুতরাং, ছিদ্রসহ খণ্ডটির ঘনফল $= 282·8 - 70·7$

$= 212·1$ ঘন ইঞ্চ।

তালিকা হইতে জানা যায় যে, প্রতি ঘন ইঞ্চ গানমেটালের ওজন $= 0·31$ পাউণ্ড।

অতএব, নির্ণেয় ওজন $= 212·1 \times 0·31$ পাউণ্ড

$= 65·751$ পাউণ্ড, উত্তর।

সাধারণ ভগ্নাংশের সমতুল দশমিক ভগ্নাংশ

[Decimal Equivalents of Fractions]

$\frac{1}{64}$	0·0156	$\frac{23}{64}$	0·3593	$\frac{45}{64}$	0·7031
$\frac{1}{32}$	0·0312	$\frac{3}{8}$	0·375	$\frac{23}{32}$	0·7187
$\frac{3}{64}$	0·0469	$\frac{25}{64}$	0·3906	$\frac{47}{64}$	0·7344
$\frac{1}{16}$	0·0625	$\frac{13}{32}$	0·4062	$\frac{3}{4}$	0·75
$\frac{5}{64}$	0 0781	$\frac{27}{64}$	0·4219	$\frac{49}{64}$	0·7656
$\frac{3}{32}$	0·0937	$\frac{7}{16}$	0·4375	$\frac{25}{32}$	0·7812
$\frac{7}{64}$	0·1094	$\frac{29}{64}$	0·4531	$\frac{51}{64}$	0·7969
$\frac{1}{8}$	0·125	$\frac{15}{32}$	0·4687	$\frac{13}{16}$	0·8125
$\frac{9}{64}$	0·1406	$\frac{31}{64}$	0·4843	$\frac{53}{64}$	0·8281
$\frac{5}{32}$	0·1562	$\frac{1}{2}$	0·5	$\frac{27}{32}$	0·8437
$\frac{11}{64}$	0·1719	$\frac{33}{64}$	0·5156	$\frac{55}{64}$	0·8594
$\frac{3}{16}$	0·1875	$\frac{17}{32}$	0·5312	$\frac{7}{8}$	0 875
$\frac{13}{64}$	0·2031	$\frac{35}{64}$	0·5469	$\frac{57}{64}$	0·8906
$\frac{7}{32}$	0·2187	$\frac{9}{16}$	0·5625	$\frac{29}{32}$	0·9062
$\frac{15}{64}$	0·2344	$\frac{37}{64}$	0·5781	$\frac{59}{64}$	0·9219
$\frac{1}{4}$	0·25	$\frac{19}{32}$	0·5938	$\frac{15}{16}$	0·9375
$\frac{17}{64}$	0·2656	$\frac{39}{64}$	0·6094	$\frac{61}{64}$	0·9531
$\frac{9}{32}$	0·2812	$\frac{5}{8}$	0·625	$\frac{31}{32}$	0·9687
$\frac{19}{64}$	0·2969	$\frac{41}{64}$	0·6406	$\frac{63}{64}$	0·9843
$\frac{5}{16}$	0·3125	$\frac{21}{32}$	0·6562	1	1·0
$\frac{21}{64}$	0·3281	$\frac{43}{64}$	0·6719		
$\frac{11}{32}$	0·3437	$\frac{11}{16}$	0·6875		

ইংরাজী দৈর্ঘ্য মাপ

[English Length Measure]

12 ইঞ্চ (Inches) = 1 ফুট (Foot)
3 ফুট (Feet) = 1 ইয়ার্ড (গজ) (Yard)।
1760 ইয়ার্ড (Yards) = 1 মাইল (Mile)

মেট্রিক দৈর্ঘ্য মাপ

[Metric Length Measure]

10 মিলিমিটার (Millimetres) = 1 সেন্টিমিটার (Centimetre)।
100 সেন্টিমিটার (Centimetres) = 1 মিটার (Metre)

ইংরাজী এবং মেট্রিক দৈর্ঘ্য মাপের পরস্পর সম্পর্ক

1 ইঞ্চ	= 2·54 সেন্টিমিটার।
1 ফুট	= 30·48 সেন্টিমিটার।
1 সেন্টিমিটার	= 0·3937 ইঞ্চ।
1 মিটার	= 39·37 ইঞ্চ।

ইংরাজী বর্গ মাপ

[English Square Measure]

144 বর্গইঞ্চ (Square Inches) = 1 বর্গফুট (Square Foot)
9 বর্গফুট (Square Feet) = 1 বর্গগজ (Square Yard)।

ইংরাজী ঘন মাপ

[English Cubic Measure]

1728 ঘন ইঞ্চ (Cubic Inches) = 1 ঘন ফুট (Cubic Foot)।
27 ঘন ফুট (Cubic Feet) = 1 ঘন গজ (Cubic Yard)

ইংরাজী বর্গ এবং ঘন মাপের সহিত মেট্রিক বর্গ এবং ঘন মাপের সম্পর্ক

1 বর্গ ইঞ্চ (Square Inch)	= 6·452 বর্গ সেন্টিমিটার (Square Centimetres)
1 বর্গ সেন্টিমিটার (Square Centimetres)	= 0·155 বর্গ ইঞ্চ (Square Inch)
1 ঘন ইঞ্চ (Cubic Inch)	= 16·4 ঘন সেন্টিমিটার (Cubic Centimetres)
1 ঘন সেন্টিমিটার (Cubic Centimetre)	= 0·061 ঘনইঞ্চ (Cubic Inch)

ইংরাজী কোণ মাপ

[English Angle Measure]

60 সেকেণ্ড (Seconds)	= 1 মিনিট (Minute)
60 মিনিট (Minutes)	= 1 ডিগ্রি (Degree)
90 ডিগ্রি (Degrees)	= 1 রাইট এঙ্গেল (Right Angle)
4 রাইট এঙ্গেল (Right Angles)	= 360 ডিগ্রি (Degrees)

কয়েকটি আকারের ক্ষেত্রফল (Area)

বর্গক্ষেত্র, ষড়ভুজ কিংবা অষ্টভুজের একটি বাহুর মাপ অথবা বৃত্তের ব্যাস (ইঞ্চে)	বর্গক্ষেত্র (স্কোয়ার Square) (বর্গ ইঞ্চে)	ষড়ভুজ (হেক্সাগন Hexagon) (বর্গ ইঞ্চে)	অষ্টভুজ (অক্টাগন Octagon) (বর্গ ইঞ্চে)	বৃত্ত (সার্কেল Circle) (বর্গ ইঞ্চে)
$\frac{3}{16}$	0·0352	0·0913	0·1699	0·0276
$\frac{1}{4}$	0·0625	0·1628	0·3011	0·0491
$\frac{5}{16}$	0·0976	0·2538	0·4715	0·0767
$\frac{3}{8}$	0·1406	0·365	0·6787	0·1104
$\frac{7}{16}$	0·1914	0·4974	0·9249	0·1503
$\frac{1}{2}$	0·25	0·6496	1·207	0·1963
$\frac{9}{16}$	0·3164	0·825	1·528	0·2485
$\frac{5}{8}$	0·3906	1·014	1·887	0·3068
$\frac{11}{16}$	0·4726	1·23	2·280	0·3712
$\frac{3}{4}$	0·5625	1·462	2·716	0·4418
$\frac{13}{16}$	0·6601	1·715	3·185	0·5158
$\frac{7}{8}$	0·7656	1·986	3·695	0·6013
$\frac{15}{16}$	0·8789	2·284	4·243	0·6903
1	1·00	2·598	4·828	0·7854

ষড়ভুজ (Hexagon) আকারের হুইটওয়ার্থ ষ্ট্যাণ্ডার্ড নাট এবং বোল্টের মাথার মাপ

[Dimensions of Whitworth Standard Hexagonal Nuts and Bolt heads]

বোল্টের ডায়মেটার (ইঞ্চে)	নাট অথবা বোল্টের মাথার দুইটি বিপরীত পার্শ্বভাগের দূরত্ব (ইঞ্চে)	বোল্টের মাথার উচ্চতা (ইঞ্চে)	বোল্টের ডায়মেটার (ইঞ্চে)	নাট অথবা বোল্টের মাথার দুইটি বিপরীত পার্শ্বভাগের দূরত্ব (ইঞ্চে	বোল্টের মাথার উচ্চতা (ইঞ্চে)
$\frac{1}{8}$	0·338	0·109	$1\frac{3}{8}$	2·215	1·203
$\frac{3}{16}$	0·448	0·164	$1\frac{1}{2}$	2·413	1·312
$\frac{1}{4}$	0·525	0·219	$1\frac{5}{8}$	2·576	1·422
$\frac{5}{16}$	0·601	0·273	$1\frac{3}{4}$	2·758	1·531
$\frac{3}{8}$	0·709	0·328	$1\frac{7}{8}$	3·018	1·641
$\frac{7}{16}$	0·820	0·383	2	3·149	1·750
$\frac{1}{2}$	0·919	0·437	$2\frac{1}{8}$	3·337	1·859
$\frac{9}{16}$	1·011	0·492	$2\frac{1}{4}$	3·546	1·969
$\frac{5}{8}$	1·101	0·547	$2\frac{3}{8}$	3·750	2·078
$\frac{11}{16}$	1·201	0·601	$2\frac{1}{2}$	3·894	2·187
$\frac{3}{4}$	1·301	0·656	$2\frac{5}{8}$	4·049	2·297
$\frac{13}{16}$	1·390	0·711	$2\frac{3}{4}$	4·181	2·406
$\frac{7}{8}$	1·479	0·766	$2\frac{7}{8}$	4·346	2·516
$\frac{15}{16}$	1·574	0·820	3	4·531	2·625
1	1·670	0·875			
$1\frac{1}{8}$	1·860	0·984			
$1\frac{1}{4}$	2·048	1·094			

উপরোক্ত প্রত্যেকটি ক্ষেত্রে নাটের উচ্চতা = বোল্টের ডায়মেটার মাপ।

উত্তরমালা

অনুশীলনী (নং ১)—পৃঃ ১৭

(১) 0·137 ইঞ্চ।

(২) 1·516 ইঞ্চ।

(৩) 2·459 ইঞ্চ।

(৪) 0·372 ইঞ্চ।

(৫) 2·286 ইঞ্চ।

(৬) 1·515 ইঞ্চ।

(৭) 3·450 ইঞ্চ।

(৮) 0·061 ইঞ্চ।

(৯) 1·670 ইঞ্চ।

অনুশীলনী (নং ২)—পৃঃ ৩০

(১) 0·2864 ইঞ্চ।

(২) 2·1155 ইঞ্চ।

(৩) 0·0735 ইঞ্চ।

(৪) 1·4113 ইঞ্চ।

অনুশীলনী (নং ৩)—পৃঃ ৪০

(ক) 1·611 ইঞ্চ।

(খ) 3·843 ইঞ্চ।

অনুশীলনী (নং ৪)—পৃঃ ৫১

(ক) $66° - 25'$

(খ) $119°\ 55'$

বর্ণানুক্রমিক বিস্তৃত সূচী—